

سلسلة : البيئة و التلوث  
العدد ( ١ )

# النظام البيئى و التلوث

دكتور

السيد أحمد الخطيب

Ph . D. University of W. Virginia ( USA )

أستاذ علوم الأراضى و المياه - كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية

و الحائز على

جائزة الدولة التشجيعية فى العلوم الزراعية عام ١٩٩٣

و نوط الامتياز من الطبقة الأولى

٢٠٠٤



للطباعة والنشر والتوزيع

٣ ش أحمد ذو الفقار - لوران الإسكندرية

تليفاكس : ٠٠٢/٠٣/٥٨٤٠٢٩٨

محمول : ٠١٢٤٦٨٦٠٤٩

جميع الحقوق محفوظة  
للمكتبة المصرية

بسم الله الرحمن الرحيم

"ظمر الفساد في البر والبحر بما خُصبت أيدي الناس  
ليخيطوه بعض الظئلي فعملوا لعلهم يرجعون."

الدروه (٤١)

صدق الله العظيم





## مقدمة

التلوث البيئي يمثل أحد المشكلات الهامة التي تواجه البشرية في عصرنا الحاضر نتيجة للنشاط الإنساني المتزايد في كافة مجالات الحياة . ولأن التلوث البيئي له أبعاد خطيرة على صحة الإنسان فإن قضية التلوث أصبحت تمثل أولوية من أولويات العصر وستظل من أهم الموضوعات التي تشغل فكر العالم في القرن الواحد والعشرون .

ولكي تستعرض معا سلم تصاعد المشاكل البيئية والتلوث فأننا محتاجون بداية إلى توضيح الإطار الذي تنشأ فيه هذه المشاكل على مختلف المستويات البيئية وبتعبير أدق على المحيط الحيوي مائنة وهو اؤه وأرضه . ولقد عرف العالم الروسي فرنادسكى vernadsky المحيط الحيوي بأنه ذلك الحيز على كوكب الأرض الذي توجد فيه الحياة بمختلف أنواعها بصورة طبيعية ويشمل الطبقات السفلي من الغلاف الجوى وسطح الأرض من أعلى إلى أسفل وما يشتمله من جبال وسهول ووديان وتحت سطح الأرض والمحيط المائي بأنهاره وبحيراته وبحارة ومحيطاته فالمحيط الحيوي إذن هو مصدر كل المدخلات التي نحتاج إليها والمصب التي تنتهي إليها كل المخرجات الناجمة عن العمل على تدبير احتياجاتها . ويحتوى المحيط الحيوي

على وحدات كل وحدة تمثل نظام بيئي يحتوى على الكائنات الحيه وعناصر غير حيه والطاقة . يجمع بين هذه العناصر جميعا عمليات بيئية وحيوية تنظم العلاقات فيها وتستوفى الترابط بينها في إطار التوازن الذي يحفظ للنظام البيئي صحته . يمكن للنظام البيئي أن يستوعب كميات معينة من المخلفات دون أن يتدهور حالة لذلك علينا عدم تجاوز قدرة النظام البيئي على هضم المخلفات التي نقذف بها فيه حتى لا يتلوث تلوثاً يضر بالإنسان والحيوان على حد سواء.

نص ميثاق اليونسكو الذي صنع في أعقاب الحرب العالمية الثانية بأن " الحرب تبدأ في عقول الناس" وبالتبعية وبالقدر نفسه فإن الحرص على سلامة البيئة والوعي بمقتضيات هذه السلامة يبدأان في عقول الناس . لذلك فإن رفع المستوى التعليمي والثقافي وتنمية الوعي البيئي للأفراد هي مسئولية جماعية يتطلب الاقتناع التام بمسئولية الأفراد تجاه البيئة وحرصهم على سلامتها وصحتها .

وواقع مشكلة التلوث البيئي - كما نراها - يتمثل في أن قسماً كبيراً من سكان الدول النامية لا يزال بعيداً كل البعد عن قضايا البيئة وللأسف الشديد فإن هذا القسم يشمل الأفراد الذين يسيئون إلى البيئة في جزئيات حياتهم اليومية وكذلك المسئولون اللامبالين بمراعاة الاعتبارات البيئية في أعمال الأجهزة والمؤسسات التي يرونها .

من أجل ذلك أيتها القارئ الكريم فلقد قام الكاتب بإصدار سلسلة " البيئة والتلوث" بهدف تنمية الوعي البيئي لدى الأفراد في مجتمعنا واجتذاب القراء للتعاطف والاهتمام بقضايا البيئة والمشاركة في الحفاظ عليها وأيضاً سحب الأفراد من مساحة اللامبالين بالبيئة إلى جيش الداعين إلى صوبها .

ويتناول الكتاب الأول في هذه السلسلة المعلومات الهامة عن النظام البيئي والتلوث ويشتمل على خمسة فصول يتناول الفصل الأول منها خواص ومكونات النظم البيئية وسريان الطاقة وكذلك العمليات الأساسية والدورات البيوجيوكيميائية في النظام البيئي كما يشمل أيضاً نبذة عن صحة النظام البيئي أما الفصل الثاني فيتناول أنواع التلوث البيئي مع ذكر بعض الاتفاقيات العالمية التي تهدف إلى السيطرة على التلوث . وتتعرض الفصول الثلاثة الأخيرة لملوثات الماء والهواء والتربة ومصادرها وتأثيرها على النظم البيئية.

أسأل الله أن يتحقق الهدف المنشود من تأليف هذا الكتاب وأن يجد منه القراء على اختلاف اهتماماتهم العون والفائدة .  
والله ولي التوفيق ،،،

أ.د. السيد أحمد الخطيب

الإسكندرية ٢٠٠٤



## المحتويات

الموضوع	الصفحة
❖ الفصل الأول : النظام البيئي	١٣
< النظام البيئي	١٣
< خواص نظم البيئة	١٤
▪ الدورات والتغيرات	١٤
▪ الترابط	١٥
▪ المقاييس	١٥
▪ التنوع	١٥
▪ التوازن	١٦
< مكونات النظام البيئية	١٧
▪ التربة	١٧
▪ الجو	١٧
▪ الإشعاعات الشمسية	١٨
▪ الماء	١٨
▪ الكائنات الحية	١٨
< سريان الطاقة والماء في النظم البيئية	٢٠

الصفحة	الموضوع
٢٣	< العمليات الأساسية في النظام البيئي
٢٤	▪ دورة الماء
٢٥	▪ دورة العناصر
٢٧	▪ ديناميكية المجتمعات
٢٨	▪ سريان الطاقة الشمسية
٣٠	< السلسلة الغذائية
٣٢	< السلسلة الغذائية والشبكية
٣٤	< تأثير الإنسان على السلسلة الغذائية الطبيعية
٣٦	< الدورات البيوجيوكيميائية
٣٧	▪ دورة الكربون
٣٩	▪ دورة الأكسجين
٤٠	▪ دورة النيتروجين
٥٦	< صحة النظام البيئي
٥٦	< قياس صحة النظام البيئي
٥٩	< مراجع الفصل الأول

الصفحة	الموضوع
٦٢	❖ الفصل الثاني : التلوث
٦٣	< أقسام التلوث
٦٣	▪ على أساس التحلل
٦٤	▪ على أساس الصفات
٦٦	< أنواع الملوثات
٦٧	▪ تلوث الماء
٦٩	▪ تلوث التربة
٧٢	▪ المخلفات الصلبة
٧٥	▪ المخلفات الخطرة
٧٨	▪ التلوث السمي (الضوضاء)
٧٩	< السيطرة على التلوث
٨٢	< مراجع الفصل الثاني
٨٤	❖ الفصل الثالث : تلوث الهواء
٨٥	< مصادر تلوث الهواء
٨٥	▪ مصادر طبيعية
٨٥	▪ مصادر بشرية
٨٦	< ملوثات الغلاف الجوي
٨٦	▪ ثاني أكسيد الكبريت
٨٦	▪ الهيدروكربونات

الصفحة	الموضوع
٨٧	▪ أول أكسيد الكربون
٨٧	▪ الدخان
٨٨	▪ ثاني أكسيد الكربون
٨٨	▪ الضباب
٨٩	▪ الرادون
٩٠	< تأثير تلوث الهواء على البيئة
٩٠	▪ الضباب الدخاني الكيموسوني
٩٤	▪ المطر الحمضي
٩٦	▪ تأثير الصوبة
٩٨	▪ تدمير طبقة الأوزون
١٠٢	< مراجع الفصل الثالث
١٠٤	❖ الفصل الرابع : الماء النظيف
١٠٧	< النظم البيئية المائية
١٠٨	< كيفية تقدير جودة المياه
١٠٩	< جودة المياه وصحة الإنسان
١١١	< مشكلة التلوث
١١٣	< تأثير التلوث
١١٦	< التحكم في تلوث المياه



الصفحة	الموضوع
١١٨	< أهداف ومعايير جودة المياه
١١٩	< Regulations
١٢٣	< للتنمية المستدامة
١٢٥	< مراجع الفصل الرابع
١٢٧	❖ الفصل الخامس : تلوث التربة
١٢٧	< ملوثات التربة
١٢٧	< المبيدات
١٢٧	< الملوثات غير العضوية
١٢٧	< المخلفات العضوية
١٤٠	< مصادر التلوث
١٤٢	< دورة العناصر الثقيلة في النظام البيئي
١٥٢	< التخلص من ملوثات التربة
١٥٢	< الطرق المستخدمة في موقع التلوث
١٥٥	< الطرق المستخدمة بعيدا عن موقع التلوث
١٥٨	< مراجع الفصل الخامس

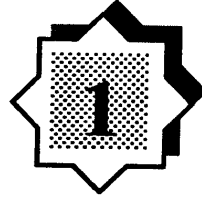




## النظام البيئي

- ❖ النظام البيئي
- ❖ خواص النظم البيئية
- ❖ مكونات النظم البيئية
- ❖ سريان الطاقة والماء في النظم البيئية
- ❖ العمليات الأساسية في النظام البيئي
- ❖ السلسلة الغذائية
- ❖ صحة النظام البيئي





## النظام البيئي

### Ecosystem

#### النظام البيئي

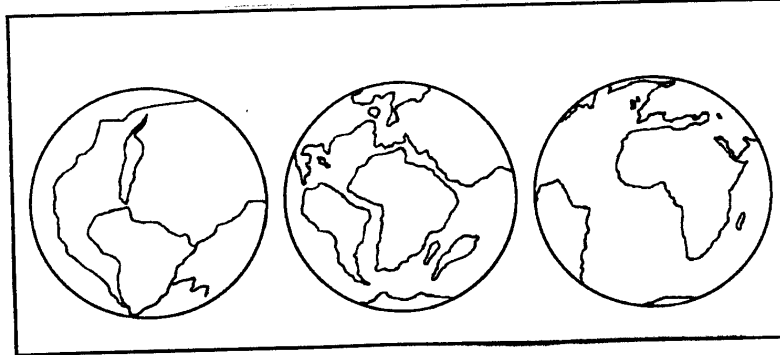
فى الطبيعة لا يتواجد أى شئ بمفرده أو قائم بذاته فالكائنات الحية جميعها توجد بينها علاقات ترابط وهذه العلاقات تمتد إلى البيئة غير الحية المحيطة بها والمدعمة لها . هذه العلاقات المعقدة التي تربط بين الكائنات الحية وغير الحية يطلق عليها النظم البيئية ecosystems ولذلك يعرف النظام البيئي بأنه نظام ديناميكي يتكون من مجتمعات community بيولوجية حية biotic وما يصاحبها من عناصر غير حية abiotic ويتميز هذا النظام بتعدد وتفاعلات وتداخلات مكوناته . ولذلك فإن مكونات النظام الحية وغير الحية تتحدد تبعا لعدد العوامل البيئية المتداخلة مع بعضها البعض ، فأى تغير فى أى من العوامل التالية (صلاحية المغذيات - درجة الحرارة - شدة الضوء والكثافة العددية للأنواع المختلفة) ينتج عنه تغير ديناميكي فى طبيعة النظام . ومثال ذلك اشتعال الحرائق وارتفاع درجة الحرارة فى الغابات الذي يؤدي إلى تغير تام فى تركيب هذا النظام ومكوناته حيث تختفي نتيجة لذلك الأشجار الكبيرة والحشائش والشجيرات التي تغطي أراضي الغابات وما تحويه من مغذيات التي تنتقل بالضرورة إلى التربة والجو والنظام المائي .

وبعد وقت قصير تتحول المنطقة من منطقة غابات إلى مجتمع أعشاب وحشائش أي إلى نظام مختلف تماما عن سابقه .

### خواص النظم البيئية

#### - الدورات والتغيرات

جميع العناصر التي يتكون منها النظام البيئي يحدث لها تغيير وتؤثر مع الزمن والمكان . وقد تحدث بعض هذه التغيرات نتيجة للدورات الطبيعية مثل دورة الماء ودورة الكربون أو نتيجة لبعض الظواهر الطبيعية مثل الزلازل والبراكين والأعاصير والفيضانات والحرائق . أيضا يتسبب النشاط الإنساني في إحداث تغيرات عديدة في النظم البيئية الطبيعية من خلال الهجرة والحضنة والزراعة والتصنيع والحروب . والتغيرات التي تحدث على مدى آلاف السنين في الأنظمة البيئية مثل تأقلم أو اندثار بعض أنواع الكائنات الحية أو تباعد القارات تكون من الصعوبة بمكان على الإنسان تصورها .



### - الترابط Connections

ترتبط جميع عناصر النظام البيئي الحي (إنسان - نبات - حيوان - كائنات دقيقة) وغير الحية ببعضها البعض بعلاقات متشابكة ومتباينة تتراوح بين علاقات بسيطة وأخرى شديدة التعقيد . ومن أمثلة العلاقات المعقدة والصعب تصورها ما لاحظ العلماء من انخفاض سمك طبقة الأوزون على الرغم من عدم الفهم الكامل لجميع الأسباب المؤدية لذلك .

### - المقياس Scale

تتشابه النظم البيئية والمجتمعات من حيث تواجدهم في أحجام ومقاييس مختلفة . فيوجد مجتمعات صغيرة تتكون من مكونات حية وغير حية تتفاعل مع بعضها البعض في بحيرة صغيرة بينما يوجد مجتمعات أكبر كما في البحار . وعلى المستوى العالمي نجد أن كل المكونات الحية وغير الحية في هذا الكون تتفاعل مع بعضها . فالنظام البيئي يتواجد حيثما يوجد علاقات تفاعل وتداخل بين النباتات والحيوانات والإنسان وبين عناصر البيئة المحيطة بهم وعلينا جميعاً أن نتذكر أن النظام البيئي الصغير هو جزء من النظام البيئي الأكبر وهذا بالضرورة يعنى أن ما يحدث في النظام البيئي على أي مستوى سوف يؤثر على المستوى الآخر مع اختلاف درجة التأثير بالطبع .

### - التنوع Diversity

التنوع البيولوجي هو المفتاح الحقيقي لصحة وجود النظام البيئي فهو

يرمز إلى تعدد النباتات والحيوانات بكل نوع على حدة . فالتنوع يعطى قوه وجهد للأنواع لكي تستطيع التأقلم مع التغيرات التي تحدث فى النظام البيئي . أيضا ولأن تعدد أنواع النباتات والحيوانات يمد الزراعة والصناعة والطب والفن بمنتجات كثيرة فهو يعتبر هام وذو تأثير على معيشة وتقدم الإنسان .

والأثر السئ للنشاط الإنسانى على النظم البيئية يظهر بوضوح من خلال فقد التنوع البيولوجي فلقد لوحظ وجود علاقة ارتباط بين انتشار الأنواع البيولوجية وزيادة التعداد السكانى الذي هو يرتبط مباشرة باستهلاك الثروات الطبيعية ومثال ذلك اختفاء حوالي ٥٠٠ نوع من النباتات والحيوانات منذ وصول الأوربيين إلى أمريكا الشمالية وذلك نتيجة لتدخل الإنسان المباشر وغير المباشر .

#### - التوازن Balance

وعلى الرغم من الطبيعة الديناميكية للنظام البيئي وما يمر به من تغيرات ودورات فإن عناصر النظام البيئي الجيد تكون قادرة على التأقلم والاستجابة للتغيرات والضغوط stresses . فالنظام البيئي الهش والذي فى طريقة إلى النهاية يفقد عناصر خاصية التطور والتأقلم ولذلك فإن الإنسان بتغييره للنظام البيئي الذي يعيش فيه فإنه يعمل على فقدان النظام البيئي القدرة على التأقلم ومواجهه الضغوط وبالتالي يساعد على تدهوره . والتحدى الآن للإنسان هو إيجاد الطرق الذي يستطيع بها استيفاء احتياجاته بدون التأثير على النظام البيئي.



## مكونات النظم البيئية

تتكون النظم البيئية من العديد من المكونات البيولوجية الحية وغير الحية ذات العلاقات الدقيقة ببعضها والمكونات الهامة في النظم البيئية تشمل: التربة والجو (المناخ) والإشعاعات الشمسية والماء والكائنات الحية (جدول 1-1).

جدول (1-1): مكونات النظام البيئي

مكونات غير حية Abiotic	مكونات حية biotic
• أشعة الشمس .	• كائنات منتجة (نباتات)
• المناخ	• كائنات مستهلكة
- درجة الحرارة .	- آكلات عشب .
- الهطول .	- آكلات لحوم .
• الماء .	• كائنات محللة (بكتيريا
• للتربة .	وفطريات)

## - التربة

هي عبارة عن خليط من نواتج الصخور المجواه (معادن الطين) والمادة العضوية والكائنات الحية الدقيقة . فالتربة تعتبر وسط نمو للنبات يمدّها بالماء والمغذيات . وترتبط النباتات النامية على سطح التربة ارتباطاً بهذا الجزء من النظام البيئي من خلال دورة المغذيات .

## - الجو

يعد الكائنات الحية الموجودة في النظام البيئي باحتياجاتها من ثاني

أكسيد الكربون اللازم لعملية التمثيل الضوئي والأكسجين اللازم لعملية التنفس أما عمليات البخر والنتح والهطول فهي تعمل على تدوير الماء بين الجو وسطح الأرض .

#### - الإشعاعات الشمسية

تستخدم الأشعة الشمسية في النظام البيئي لتسخين الجو ولتبخير ونتح الماء إلى الجو . كما أن الأشعة الشمسية ضرورية لعمليات التمثيل الضوئي الذي يمد النبات بالطاقة اللازمة لنموه وللعمليات الحيوية وأيضاً يمد صور الحياة الأخرى بالغذاء العضوي .

#### - الماء

تتكون أغلب الأنسجة الحية من نسبة عالية من الماء (تصل إلى ٩٠%) ونجد أن بروتوبلازم خلايا معظم النباتات لا يستطيع العيش إذا قل محتواه المائي عن ٣٠-٥٠% . كما أن الماء يعتبر الوسط الذي تنوب فيه المغذيات ومن خلاله تنتقل إلى النبات كما أن الماء هام للحفاظ على نضرة الأوراق التي هي ضرورة لعمليات التمثيل الضوئي الكيميائية .

#### - الكائنات الحية

يحتوي النظام الحيوي على العديد من الكائنات الحية التي يمكن تقسيمها إلى منتجة Producers ومستهلكة Consumers أو محللة Decomposers .

والكائنات الحية المنتجة Producers أو ذاتية التغذية هي عبارة عن كائنات لها القدرة على استخدام المركبات العضوية التي يصنعها كمصدر للطاقة والمغذيات . وأغلب الكائنات الحية المنتجة هي النباتات الخضراء التي تستطيع تصنيع غذاءها من خلال عمليات التمثيل الضوئي . أما الكائنات المستهلكة Consumers (غير ذاتية التغذية) فهي تحصل على غذاءها والطاقة عن طريق التغذية المباشرة أو غير المباشرة بالكائنات المنتجة .

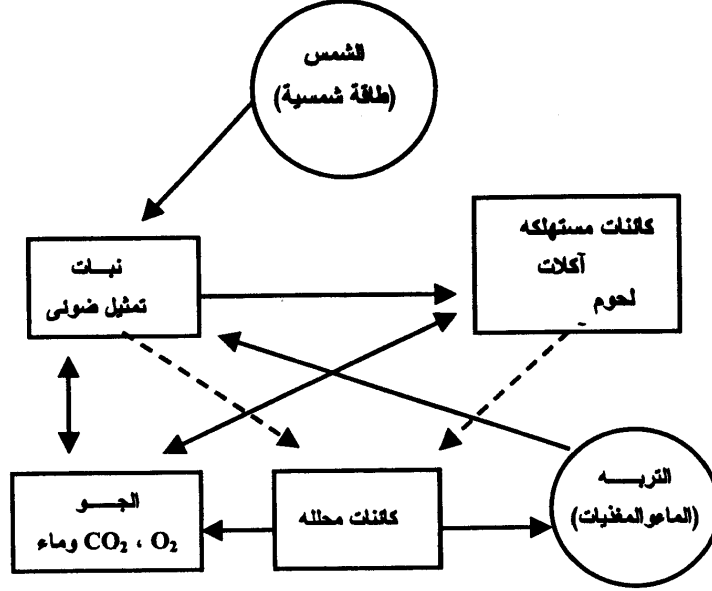
والكائنات المستهلكة يمكن تمييزها إلى نوعين :

- آكلات العشب Herbivores : وهي كائنات تتغذى على النباتات للحصول على الطاقة والمغذيات .

- آكلات اللحوم Carnivores : وهي الكائنات التي تتغذى على آكلات العشب كما أن بعض الكائنات من آكلات اللحوم تتغذى على آكلات لحوم أخرى.

وتعتبر النباتات والحيوانات هي مصدر المواد العضوية في التربة بعد موتها ويطلق على الكائنات التي تتغذى على المادة العضوية كائنات محلله (detritivores decomposers) وتتحول المادة العضوية التي تم استهلاكها بواسطة الكائنات المحللة إلى مغذيات غير عضوية في التربة . وهذه المغذيات يمكن للنبات أن يستخدمها لإنتاج المركبات العضوية الأخرى .

وبوضح النموذج التالي مكونات النظام البيئي والعلاقات المتداخلة فيه  
(شكل 1-1) :



شكل (1-1): العلاقات بين مكونات النظام البيئي

#### سريان الطاقة والمادة في النظم البيئية

كثير من العلاقات الهامة بين الكائنات الحية والبيئة يتم التحكم فيها عن طريق كمية الطاقة المتاحة والتي يتم استقبالها على سطح الكرة الأرضية من الشمس وهذه الطاقة هي التي تساعد النظام البيئي على البقاء بالطاقة الشمسية

تساعد النباتات على تحويل الكيماويات غير العضوية إلى مركبات عضوية.

يتم تحويل جزء صغير جداً من أشعة الشمس التي تستقبل على سطح الكرة الشمسية إلى شكل بيوكيميائي وفي دراسة تم إثبات أن ١,٦% فقط من الأشعة الشمسية المتاحة تم استخدامها للتمثيل الضوئي في الكرة . أما البيانات الأخرى فتقترح أن النظم البيئية الأكثر كفاءة نادراً ما تستخدم أكثر من ٣% من الطاقة الشمسية أما أغلب النباتات فهي تثبت Fix أقل من ١% من أشعة الشمس المتاحة للتمثيل الضوئي .

الكائنات الحية تستخدم الطاقة على صورتين :

- إشعاعية Radiant على صورة طاقة الكتر ومغناطيسية مثل الضوء .
- جهد كيميائي طاقى يوجد في المواد العضوية (fixed energy) وهذه الطاقة يمكن انطلاقها من خلال عملية التنفس .

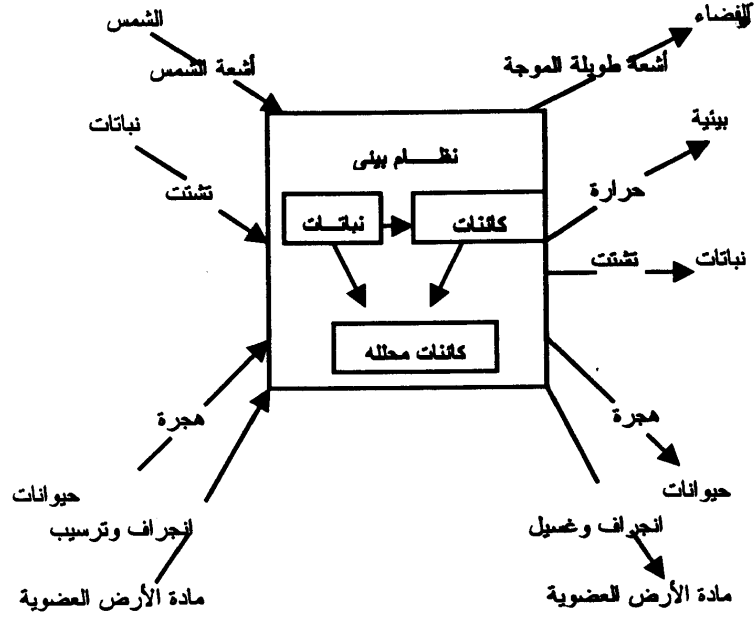
الكائنات الحية التي تستطيع أخذ الطاقة من المصادر غير العضوية وتثبيتها في المواد العضوية للغنية بالطاقة يطلق عليها كائنات ذاتية التغذية . وإذا كانت هذه الطاقة مستمدة من الضوء فإن هذه الكائنات يطلق عليها كائنات ذاتية التمثيل الضوئي photosynthetic autotrophy . وفي أغلب النظم البيئية نجد أن النوع السائد هو الكائنات ذاتية التمثيل الضوئي . أما الكائنات الحية التي تحتاج إلى طاقة مثبتة والموجودة في المواد العضوية فيطلق عليها غير ذاتية التغذية heterotrophs . والكائنات ذاتية التغذية التي

تحصل على الطاقة من الكائنات الحية تسمى كائنات مستهلكة والكائنات المستهلكة تنقسم إلى :

- (١) كائنات مستهلكة . (٢) كائنات محلله .

والكائنات المستهلكة التي تستهلك النباتات يطلق عليها آكلات العشب . وتتغذى الكائنات آكلة اللحوم على آكلات العشب وآكلات اللحوم . الكائنات المحللة تحصل على الطاقة اللازمة لها من الكائنات الميتة أو المركبات العضوية المنتشرة في البيئة .

وعندما تثبت الطاقة بواسطة النبات فإن الطاقة العضوية يمكن أن تتحرك في النظام البيئي من خلال استهلاك المواد العضوية الحية أو الميتة وعند التحلل تتحول المواد العضوية إلى شكلها غير العضوي الموجودة به أصلا قبل امتصاصها بواسطة النبات حتى يمكن للنبات أن يمتصها ثانية . الطاقة العضوية يمكن أن تتحرك من نظام بيئي واحد إلى آخر عن طريق العديد من العمليات . وهذه العمليات يطلق عليها هجرة الحيوانات animal migration ، حصاد الحيوانات animal harvesting ، حصاد النباتات plant harvesting وانتشار النباتات والبذور والغسيل والانجراف . ويوضح النموذج التالي مدخلات ومخرجات الطاقة والمادة في النظام البيئي .



شكل (2-1) : مدخلات ومخرجات الطاقة والمادة في النظام البيئي

### العمليات الأساسية في النظام البيئي

النظام البيئي هو نظام غاية في التعقيد ولذلك فإن التعامل مع هذا النظام يتطلب التركيز على العمليات الرئيسية التي تحرك النظام البيئي والمسئولة عن جودة وصحة هذا النظام . وهذه العمليات تشمل :

١- دورة الماء . ٣- سريان الطاقة الشمسية.

٢- دورة العناصر . ٤- ديناميكية المجتمعات .

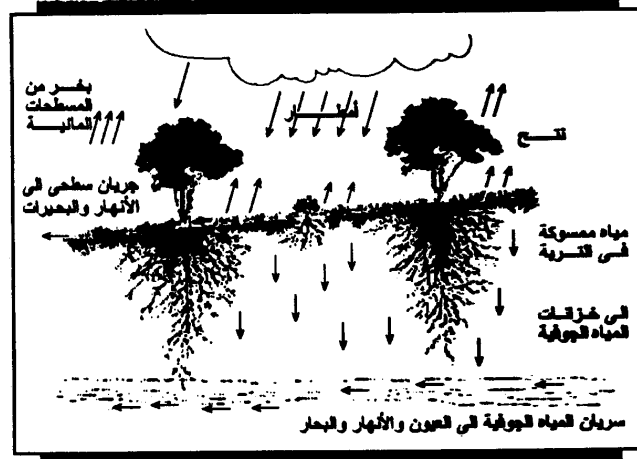
أي تغيير أو تحويل في أي من هذه العمليات يؤثر تلقائياً في جميع العمليات الأخرى لأنهم في الحقيقة يمثلون عدة وجوه لعملة واحدة ويمكن التفكير في هذه العمليات على أنها أربع نوافذ مختلفة يتم من خلالها فحص نفس الحجرة التي تمثل النظام البيئي فإذا رغبتنا على سبيل المثال تغيير دورة الماء في قطعة أرض فيجب علينا تحديد الأدوات وكيفية استخدامها والأخذ في الاعتبار مدى تأثير هذه الأدوات على دورة العناصر وسريان الطاقة وديناميكية المجتمعات ، ولذلك يجب علينا جميعاً معرفة وفهم العمليات المحركة للنظام البيئي لأننا في الحقيقة نتمتع بالحياة نتيجة شروق الشمس على أوراق النباتات التي بدورها تعمل على تحويل الطاقة الشمسية إلى غذاء نأكله وأكسجين نتنفسه.

#### ١- دورة الماء

هل تقي الأمطار باحتياجات النبات المائية والمتبقي يذهب إلى المياه الجوفية أم يحدث جريان سطحي للأمطار مسبباً انجراف للأراضي ؟  
هل تنفق المياه في الأنهار والعيون يكون موسمياً أم على مدار السنة ؟  
تتطلب دورة الماء الفعالة تربة تنمو عليها المزروعات وتكون نشطة



بيولوجيا حيث تخترق معظم هذه المياه للتربة سريعا عند سقوط الأمطار ثم بعد ذلك تحدث تحرر للمياه عن طريقة نتح النباتات أو من خلال الأنهار والعيون والتركيبات الجيولوجية الحاملة للمياه الجوفية التي تستقبل المياه الزائدة عن حاجة النباتات . وتخزنها عندما تصبح التربة عارية من النباتات . وعندما يقل النشاط البيولوجي يزيد الجريان السطحي للمياه والكمية القليلة من المياه التي تخترق للتربة سرعان ما يتم فقدها عن طريق البحر .



شكل (3-1) : الدورة المائية

## ٢- دورة العناصر

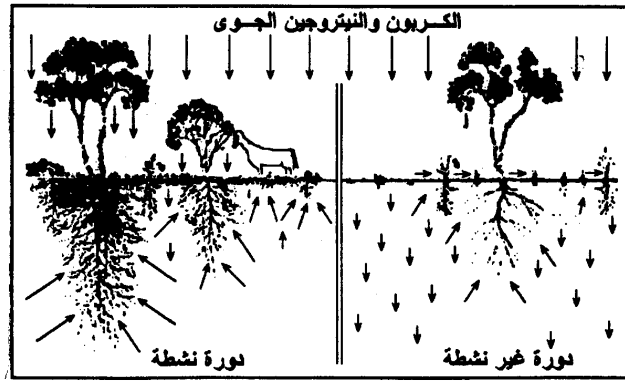
لفهم دورة العناصر ووظيفتها يجب علينا طرح الأسئلة التالية :

(١) هل العناصر الغذائية فى النظام البيئي متاحة للكائنات الحية التي تعيش فيه ؟

(٢) هل العناصر الغذائية تتركز أسفل منطقة جذور النباتات ولا تستطيع الجذور الحصول عليها ؟

(٣) هل حرق النباتات يؤدي إلى فقدان العناصر الغذائية الموجودة بها ؟ وهل انجراف التربة يؤدي إلى فقد كثير من العناصر الغذائية ؟

والحقيقة أن دورة العناصر كي تكون فعالة تتطلب تربة نشطة بيولوجيا تنمو فيها النباتات حتى يحدث تدوير للعناصر الغذائية بين النباتات والتربة . أما عند حدوث انجراف للتربة السطحية فيقل النشاط البيولوجي وتتركز العناصر الغذائية فى نقاط (أماكن) معينة أو تفقد عن طريق الانجراف بالرياح والانجراف بالماء (شكل 4-1).

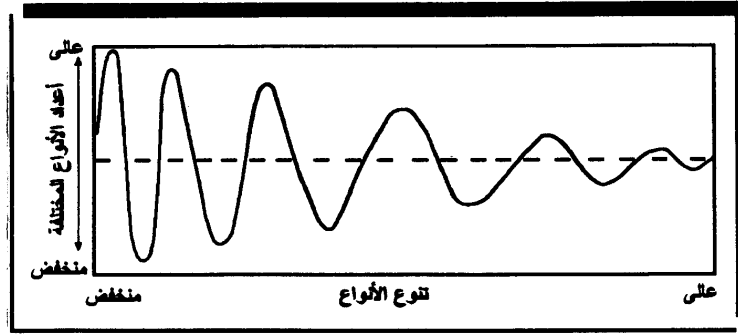


شكل (4-1): دورة العناصر

## ٣- ديناميكية المجتمعات

والسؤال الذي يطرح نفسه هنا هو : هل أغلب الأنواع الحية تتواجد في أعداد متناسبة لجميع الأعمار أم يوجد سيادة في إعداد بعض أنواع الكائنات الحية دون غيرها ؟

والحقيقة التي يجب الاعتراف بها واستيعابها هو أن المجتمعات الطبيعية تجاهد في تطوير نفسها عن طريق تعظيم التعقيد والتدخل بين مكوناتها بهدف الوصول إلى الثبات والاتزان فمثلا للتربة الجرداء تطور نفسها في وجود الماء إلى مجتمع غابات ثابت ومعقد يحتوى على كائنات حية مختلفة ومتعددة الأنواع وعندما يحاول الإنسان أن يخفض درجة التعقيد الطبيعية بفرض زراعة أنواع محددة من المحاصيل فإنه بذلك يعمل ضد ولذلك فإن هذه النظم البيئية تكون هشه ومؤقتة .

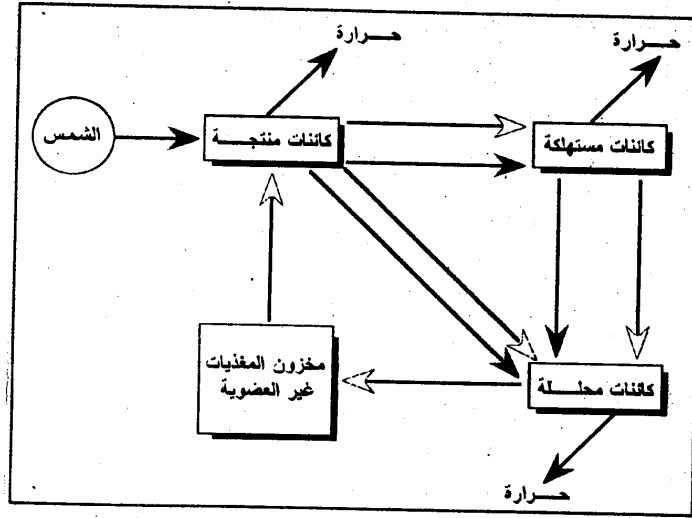


شكل (5-1): ديناميكية المجتمعات

## ٤- سريان الطاقة في النظام البيئي

يجب علينا طرح السؤال التالي :

ما هو مقدار أشعة الشمس التي تسقط على أوراق النباتات الخضراء وتستخدم في إنتاج الغذاء للنظام البيئي وما هو مقدار الفاقد من هذه الأشعة عند سقوطها على تربة جرداء أو كائنات غير حيه ؟



شكل ( 6-1 ) : سريان الطاقة في النظام البيئي

يوضح الشكل ( 1-6 ) كيفية سريان الطاقة والمغذيات فى النظام البيئي ، فالطاقة تسرى فى النظام البيئي على شكل روابط كربون - كربون وعند التنفس تتكسر هذه الروابط ويتحد الكربون مع الأكسجين مكونا ثاني أكسيد الكربون ، وينتج عن هذه العملية انطلاق طاقة تستخدم بواسطة الكائنات الحية (مضم الطعام - التفكير - الإخراج - الحركة وغيرها) أو تنقد على صورة طاقة وتوضح الأسهم الداكنة حركة الطاقة ويلاحظ من الرسم أن مصدر الطاقة هو الشمس وأن المصير النهائي للطاقة هو الفقد على صورة حرارة أي أن الطاقة لا يحدث لها تدوير فى النظام البيئي .

والمكونات الأخرى التى تظهر فى الشكل السابق هى المغذيات غير العضوية ويطلق عليها " غير عضوية " لأنها لا تحتوى على روابط كربون -كربون ، وتشمل المغذيات غير العضوية العديد من العناصر مثل الفوسفور والحديد والنترجين وغيرها وتمثل الأسهم غير الداكنة فى الشكل حركة المغذيات فى النظام البيئي ويلاحظ أن الكائنات ذاتية التغذية تحصل على احتياجاتها من المغذيات غير العضوية من مخزون المغذيات غير العضوية والذي غالبا ما يكون موجودا فى التربة أو المياه المحيطة بالنباتات أو الطحالب. وتنتقل المغذيات غير العضوية من كائن لآخر نتيجة أن بعض الكائنات تتغذى على كائنات أخرى وفى النهاية جميع هذه الكائنات تموت وتصبح غذاء للكائنات المحللة . وعند هذه المرحلة فإن الطاقة الموجودة فى هذه الكائنات تتحول إلى حرارة وتعود المغذيات العضوية الموجودة فى الكائنات الميتة إلى التربة أو الماء حيث يتم تدويرها ثانية . ويلاحظ أن

المغذيات غير العضوية يتم تدويرها بينما الطاقة تفقد على صورة حرارة ولا يتم تدويرها .

#### الخلاصة :

النقاط التالية تعبر عن حقائق عامة عن سريان الطاقة والمغذيات فى النظام البيئي :

- (١) الشمس هي مصدر الطاقة الرئيسى لجميع الأنظمة البيئية .
- (٢) المصير النهائي للطاقة في النظام البيئي هو الفقد على صورة حرارة .
- (٣) تنتقل الطاقة والمغذيات غير العضوية من كائن لآخر خلال السلسلة الغذائية نتيجة تغذى كائنات على كائنات أخرى .
- (٤) الكائنات المحللات تزيل الطاقة المتبقية من بقايا الكائنات .
- (٥) يتم تدوير المغذيات غير العضوية ولا يتم تدوير الطاقة .

#### السلسلة الغذائية

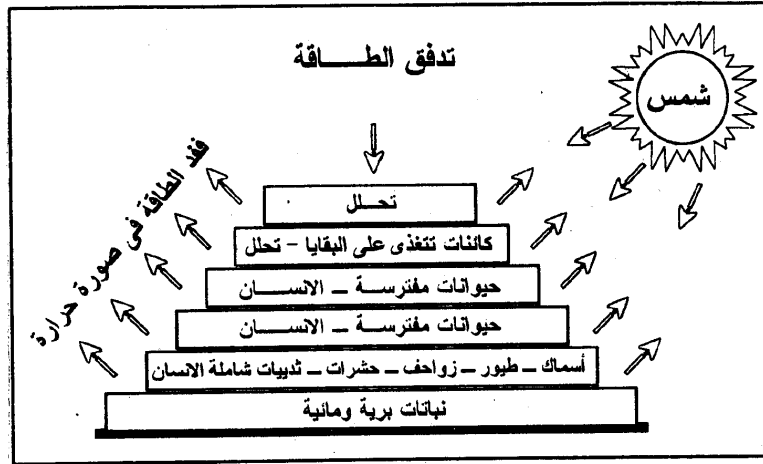
تتكون السلسلة الغذائية من :

- (١) كائنات منتجة : وهي كائنات ذاتية التغذية وتشمل بالطبع النباتات التى يعتمد عليها كل الكائنات الحية (الهوائية) للإمداد بالغذاء والأكسجين

الناتج من عملية التمثيل الضوئي وهذه الكائنات تمثل الجزء الأكبر من الكتلة الحيوية للسلسلة الغذائية.

(٢) كائنات مستهلكة : وهي كائنات تتغذى على كائنات أخرى وتشمل آكلات العشب وآكلات اللحوم والطفيليات وآكلات الرمم (الحيوانات الميتة) ، ويطلق على آكلات العشب بالكائنات المستهلكة الأولية وتمثل ثاني أكبر كتلة حيوية في السلسلة الغذائية وتليها آكلات اللحوم التي يطلق عليها الكائنات المستهلكة الثانوية ويستمر هذا مع الكائنات المستهلكة الثالثة وهكذا .

(٣) الكائنات المحللة : وهي أساسا عبارة عن البكتيريا والفطريات التي تعمل على تحويل الكائنات الميتة إلى عناصر غير عضوية تعود ثانية إلى التربة والماء والهواء ويوضح الشكل التال نسب الكتل الحيوية لمكونات السلسلة الغذائية .



شكل (7-1) : نسب الكتل الحيوية لمكونات السلسلة الغذائية

#### السلسلة الغذائية والشبكة Food chain and web

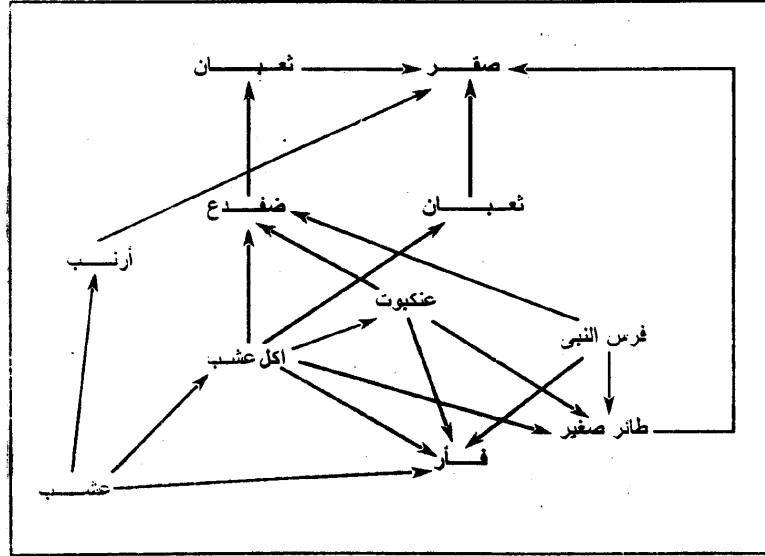
تعرف السلسلة الغذائية على أنها انتقال الغذاء من المستهلك الأخير إلى المنتج ومثال السلسلة الغذائية في الحقل (نظام بيئي) يكون كالتالي :

(نباتات) عشب ← آكل عشب ← فأر ← ثعبان ← صقر

ملحوظة : عادة ما يتم كتابة السلسلة الغذائية بداية من المنتج وتنتهي بالمستهلك وذلك على عكس التعريف المذكور عاليه .



السلسلة الغذائية تعتبر تبسيط لما يحدث في الواقع لأن كثير من الكائنات لا تتخصص في تناول نوع واحد من الغذاء فالصقور لا يقتصر غذاءها فقط على الثعابين وإنما يتعدى ذلك كائنات أخرى وهذا أيضا ينطلق على الفئران والثعابين ولذلك فإن التسجيل الواقعي للسلسلة الغذائية هو عبارة عن شبكة متواصلة يطلق عليها الشبكة الغذائية Food web كما في المثال التالي :



: الشبكة الغذائية

وبالنظر إلى المثال المذكور نجد أننا أمام سلاسل غذائية متداخلة تكون شبكة متداخلة مع بعضها البعض .

#### تأثير الإنسان على السلسلة الغذائية الطبيعية

تمن وتقدم الإنسانية يعتمد على الزراعة فبواسطة الزراعة فقط يستطيع عدد محدود من الناس توفير الغذاء لباقي السكان وبالتالي يتفرغ هؤلاء السكان لإنتاج أشياء كثيرة هامة تساعد في تقدم البشرية . والزراعة في حد ذاتها تعني تطويع البيئة لتصبح ملائمة لنمو عدد قليل من النباتات التي نعتمد عليها في غذائنا وأيضاً العمل على القضاء على النباتات الأخرى التي تنافسها مثل الحشائش باستخدام المبيدات وبعبارة أخرى فإننا باستخدام الزراعة نعمل على نقشي نظام بيئي بسيط جداً وغير معقد يحتوى فقط على ثلاثة مستويات :

كائنات منتجة (محاصيل) ، كائنات مستهلكة أولية (حيوانات الرعي - الإنسان) ، كائنات مستهلكة ثانوية (الإنسان) ، وهذا يعنى فقد قليل من الطاقة لعدم تعدد المستويات والحقيقة أن الإنسان خلق نظم بيئية زراعية تعاني من العديد من المشاكل مثل :

أولاً: خلق حقول ذات محصول واحد أدى إلى تسهيل الحصاد والزراعة والخدمة ولكن خلق أيضاً ظروف مثالية للإصابة بالأمراض والحشرات . ففي النظام البيئي الطبيعي يكون انتشار وتوزيع النباتات ذات النوع الواحد

على مساحات كبيرة مما يصعب على الحشرات المتخصصة العثور عليهم وإصابتهم.

**ثانياً:** يعتمد الإنسان في غذائه على عدد محدود من المحاصيل فإذا حدث وفشل على سبيل المثال محصولي الذرة والأرز على المستوى العالمي فسوف تحدث مجاعة على مستوى العالم ولن يستطيع الإنسان توفير الاحتياجات الغذائية على المستوى العالمي بينما نجد أن النظام البيئي الطبيعي يتميز بتعدد مصادر الغذاء تحسباً لفشل أي مصدر من هذه المصادر .

**ثالثاً:** في النظم البيئية الطبيعية عندما تموت النباتات تسقط على التربة وتتحلل ويعود محتواها من العناصر الغذائية غير العضوية ثانية إلى التربة بينما في الزراعة البشرية يتم حصد المحصول ويتغذى عليه الإنسان وتذهب فضلات الإنسان إلى الصرف الصحي ومنه إلى الأنهار والبحار وتلوثها ولا تعود العناصر الغذائية التي تحتويها هذه المحاصيل إلى التربة . ولذلك يضطر الإنسان إلى استخدام الأسمدة الكيميائية لتعويض العناصر الغذائية التي امتصتها النباتات من التربة وهذا بالطبع يستلزم تصنيع ونقل واستهلاك الكهرباء بالإضافة أن هذه الأسمدة الكيميائية تسبب تلوث المياه عن طريق الجريان السطحي .

ولتفادي المشاكل السابق ذكرها لجأ الإنسان إلى بعض الحلول ولكنه تسبب في خلق مشاكل جديدة مثال ذلك عدم استخدام الحرث لخفض انجراف

التربة والأسمدة وهذا بدوره أدى إلى تعاظم استخدام مبيدات الحشائش ذات الأثر الضار على النظام البيئي .

#### الدورات البيوجيوكيميائية

سبق وأن شاهدنا أن الطاقة لا يتم تدويرها في النظام البيئي بينما العناصر الغذائية يتم تدويرها فالمغذيات غير العضوية يتم تدويرها خلال العديد من الكائنات الحية ومع ذلك فهي تعود في النهاية إلى الجو والبحار والمحيطات والصخور والتربة . ولما كانت هذه العناصر الكيميائية يتم تدويرها خلال المكون الحيوي والجيولوجي للكرة الأرضية فإن هذه الدورات يطلق عليها الدورات البيوجيوكيميائية . كل عنصر من العناصر الغذائية له دورته الخاصة به ولكن دورات جميع العناصر توجد بينهم أشياء مشتركة . فمثل مخزون أي عنصر غذائي هو عبارة عن جزء من الدورة التي يتواجد فيها العنصر بكميات كبيرة لفترات زمنية طويلة . بينما نجد أن الجزء المتبادل من أي عنصر Exchange pool يكون ممسوكا ومتواجد فترة قصيرة من الزمن ويطلق على المدة التي يكون فيها العنصر ممسوكا في صورة متبادلة أما كمخزون بزمان مكوث العنصر residence time . فالمحيطات تعتبر مخزن للمياه بينما السحب تعتبر هي الصورة المتبادلة للماء فالماء يمكث في المحيطات لآلاف السنين بينما يمكث الماء في السحب لعدة أيام فقط . وفي الصفحات القادمة سوف يقتصر حديثنا على أهم الدورات في النظام البيئي وهي دورات الكربون والأكسجين والفسفور .

## دورة الكربون

مفتاح فهم هذه الدورة هي التفاعلات التكميلية للتنفس والتمثيل الضوئي . فالتنفس يأخذ الكربوهيدرات والأكسجين وينتج ثاني أكسيد الكربون وماء و طاقة بينما التمثيل الضوئي يأخذ ثاني أكسيد الكربون والماء وينتج كربوهيدرات وأكسجين . يلاحظ أن مخرجات التنفس هي مدخلات التمثيل الضوئي والعكس صحيح . كما أن التفاعلات يكملان بعضهما من ناحية الطاقة فبينما التمثيل الضوئي يستمد طاقته من الشمس ويخزنها في روابط الكربون - كربون في الكربوهيدرات نجد أن التنفس يعمل على تحرير هذه الطاقة علما بأن التنفس يحدث في النباتات والحيوانات أما التمثيل الضوئي فيحدث في النباتات فقط وتعد المحيطات والصخور أكبر مخزن ثاني أكسيد الكربون على كوكب الأرض لأن ثاني أكسيد الكربون سهل الذوبان في الماء ويمكن أن يترسب ككربونات كالسيوم (حجر جيري) .

يأخذ النبات ثاني أكسيد الكربون ويحوّله إلى مواد كربوهيدراتية ويسلك الكربون الموجود في النبات ثلاث مسارات :

أ) ينطلق من النبات إلى الجو عن طريق التنفس ويستخدم ثانية في التمثيل الضوئي .

ب) يذهب إلى الحيوانات التي تتغذى على النباتات .

ج) يظل موجودا في النبات حتى موت النبات .

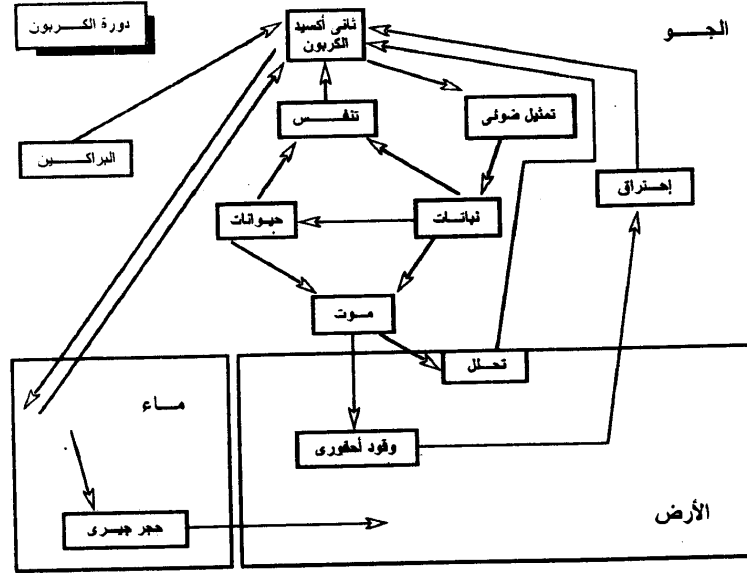
والكربون الموجود فى الحيوانات يسلك ثلاث مسارات :

أ) يفقد إلى الجو من خلال عملية التنفس ويستخدم هذا الكربون أما بواسطة النباتات عن طريق عملية التمثيل الضوئي أو يذوب فى مياه المحيطات .

ب) عند موت الحيوانات تقوم البكتريا بالعمل على تحليلها وتطلق ثاني أكسيد الكربون عند تنفسها .

ج) الحيوانات المدفونة قد تتحول غلى فحم أو غاز طبيعي أو بترول (الوقود الأحفوري) . وينتج عن حرق واستخدام الوقود الأحفوري تصاعد ثلثي أكسيد الكربون إلى الجو .

وتأثير الإنسان على دورة الكربون كبير لأن استخدام الإنسان الوقود الأحفوري ينتج عنه انطلاق كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون مما يؤدي إلى ارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون فى الجو . وينتج عن ذلك ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية لأن زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون فى الجو يتيح الفرص لوصول كمية أكبر من الطاقة الشمسية إلى الأرض وهروب كمية أقل من الطاقة من الأرض إلى الجو .



شكل (8-1): دورة الكربون

## دورة الأكسجين

في دورة الكربون قمنا ضمنا بوصف دورة الأكسجين وذلك لوجود الأكسجين مع المركبات التي تحتوى الكربون فالأكسجين يتواجد فى ثنائي أكسيد الكربون والمواد الكربوهيدراتية والماء كما يتواجد على صورة جزئى يتكون من ذرتين أكسجين . وينطلق الأكسجين إلى الجو عن طريق النباتات ذاتية التغذية خلال عملية التمثيل الضوئي ويستهلك بواسطة النباتات ذاتية

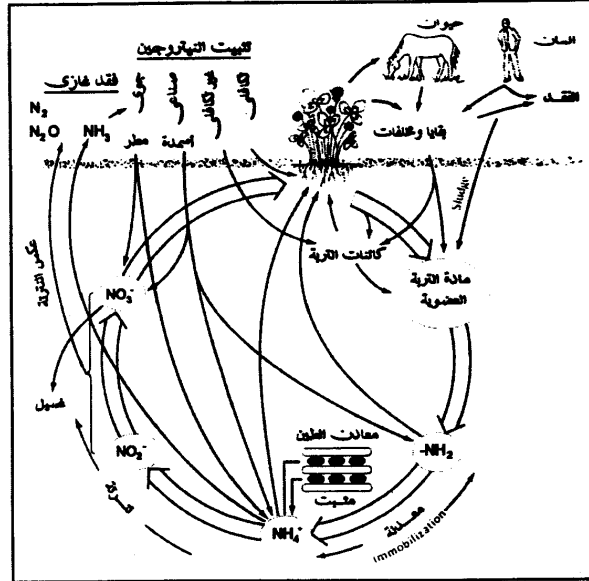
وغير ذاتية التغذية في عملية التنفس والحقيقة أن مصدر الأكسجين في الجو هو مصدر حيوي biogenic لأنه على مدى العصور يتحرر الأكسجين من الماء خلال عملية التمثيل الضوئي في النباتات ذاتية التغذية ولقد استغرقت النباتات ذاتية التغذية (معظمها سيانو بكتريا) حوالي ٢ بليون عام لرفع محتوى الجو من الأكسجين إلى ٢١% وهي نسبة الأكسجين الموجودة الآن في الجو .

#### دورة النيتروجين The Nitrogen Cycle

تمثل دورة النيتروجين التفاعلات التي تحدث بين صور مختلفة للنيتروجين في الأرض والنبات والحيوان والهواء (شكل رقم 1-9) فمحتوى التربة من النيتروجين ينتج أساساً من بقايا المحاصيل والأسمدة المعدنية العضوية وما تحتويه الأمطار من أمونيوم ونترات . بالإضافة إلى تثبيت النيتروجين بواسطة أحياء التربة الدقيقة وتحويله إلى مركبات نيتروجينية عضوية في أجسامها ثم تحول هذه المركبات العضوية إلى صور معدنية متعددة من خلال عملية معدنة النيتروجين Mineralization. والنيتروجين المعدني قد يمتص بواسطة النبات أو يفقد بالتطاير أو بالغسيل أو يتحول إلى مكونات عضوية في أجسام أنواع معينة من أحياء التربة الدقيقة من خلال عملية immobilization . ومن خلال هذا العرض المبسط لدورة النيتروجين يتضح لنا تعرض النيتروجين في صورته العضوية وغير العضوية إلى تغيرات عديدة ومستمرة تؤثر بشكل جوهري على صلاحية النيتروجين



للنبات ومدى الاستفادة منه .



شكل (1-9): دورة النيتروجين توضح التحولات البيولوجية الأساسية (الدائرة) للنيتروجين ومصادر النيتروجين في التربة وكذلك فقد النيتروجين من التربة.

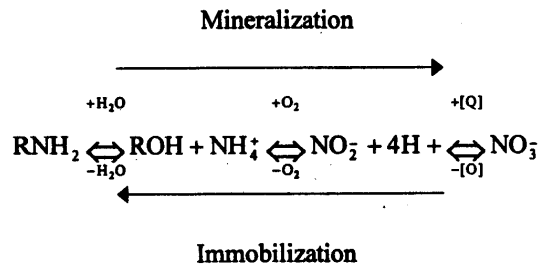
الأقسام الرئيسية في دورة النيتروجين

#### Immobilization and Mineralization(1)

و عملية Immobilization هي ببساطة تحول أيونات النيتروجين غير العضوية ( $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$ ) إلى صور عضوية . وهذه العملية تحدث أساساً

عند إضافة بقايا النباتات والحيوانات ذات المحتوى المنخفض من النيتروجين فعند مهاجمة ميكروبات التربة لهذه البقايا تمتص أيونات النيتروجين غير العضوية وتحوله إلى أنسجه عضويه . وعند موت هذه الكائنات الحية الدقيقة يتحول بعض النيتروجين العضوي إلى صـور

تدخل في تركيب الدبال والبعض الآخر يتحول إلى أيونات نترات وأمونيوم  $(NH_4^+)$ . أما عملية تحول الصور العضوية للنيتروجين إلى صور معدنية  $(NO_3^-)$  يطلق عليها معدنه Mineralization ويمكن تصوير عمليتي المعدنة Mineralization و Immobilization كما يلي:



ولقد أظهرت التجارب أن حوالي ٢-٣% من النيتروجين العضوي (Immobilized) يتم معدنته سنوياً ويقدر بحوالي ٦٠ kg N/ha/yr ويسد النيتروجين المعدني جزء كبير من احتياجات المحاصيل .

**فate of ammonium compounds (NH<sub>4</sub>) (ب) مصير مركبات الأمونيوم**

يتم استهلاك النيتروجين الموجود في صورته أمونيوم (NH<sub>4</sub>) كما يلي  
(شكل 14-5) :

أ - يستخدم بواسطة ميكروبات التربة ويتحول إلى صورة عضوية في أجسامهم.

ب- يتم امتصاصه بواسطة النبات .

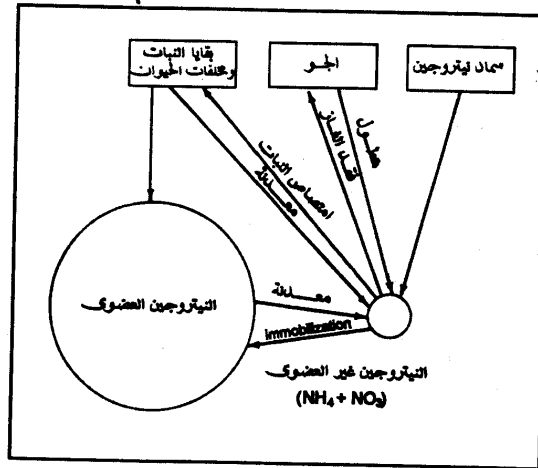
ج - يتم تثبيته في معادن الطين ( فيرميكوليت ) والمادة العضوية.

د - يفقد جزء منه على صور غاز الأمونيا (NH<sub>3</sub>) إلى الجو .

هـ- يتحول بواسطة أنواع معينة من البكتريا إلى نيتريت ونترات.

(١) تثبيت الأمونيوم :

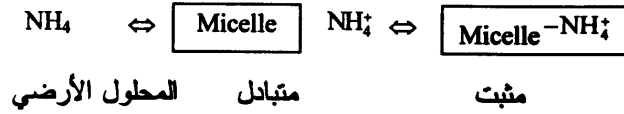
يُقدر الأمونيوم المثبت في التربة بحوالي ١٠% من النيتروجين الكلي  
ويتم تثبيت الأمونيوم بواسطة الجزء العضوي وغير العضوي في التربة .



شكل (10-1) : مصادر وعمليات تحول النيتروجين العضوي والمعدني .

#### التثبيت بواسطة معادن الطين :

العديد من معادن الطين 2:1 لها القدره على تثبيت أيونات الأمونيوم ومثال ذلك الفيرمكيوليت والميكا فحجم أيونات الأمونيوم يناسب حجم الفراغات الموجوده في التركيب البلوري لهذه المعادن وبالتالي يدخل أيون الأمونيوم في هذه الفراغان ليصبح جزء من التركيب البلوري للمعدن أي يتم تثبيته ويصبح في الصورة غير المتبادلة nonexchangeable from وهذه الصورة يمكن أن تتطلق ببطء شديد ويستفيد منها النبات ويمكن التعبير عن الصورة المختلفة للأمونيوم في التربة كما يلي :



التثبيت بواسطة مادة التربة العضوية :

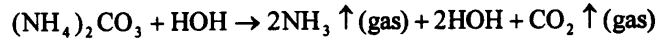
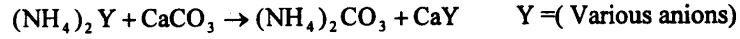
عند إضافة الأسمدة النيتروجينية التي تحتوي على أمونيا ( $\text{NH}_3$ ) إلى التربة تتفاعل هذه الأسمدة مع مادة التربة العضوية وتكون مركبات صعبة التحلل ويقال في هذه الحالة أن الأمونيا تم تثبيتها بواسطة المادة العضوية . وفي الأراضي المعدنية يحدث معدنه للأمونيا المثبتة ويستفيد منها النبات على المدى الطويل .

#### (٢) تطاير الأمونيا Ammonia Volatilization

الأمونيوم الموجودة في الأرض والنتيجة عن إضافة الأسمدة الأمونيومية أو اليوريا أو الناتجة عن معدنه النيتروجين العضوي ( أسمدة عضوية ) يمكن أن تفقد بكميات كبيرة عن طريق تطاير الأمونيا ( $\text{NH}_4$ ). وتطاير الأمونيا يحدث في المحاليل القاعدية ولذلك فتطاير الأمونيا يحدث بكميات كبيرة عند إضافة الأسمدة الأمونيومية أو اليوريا على سطح الأراضي الجيرية أو القاعدية وقد يصل إلى حوالي ٣٠ % .

وعند إضافة أيون الأمونيوم إلى أراضي جيرية يحدث التفاعلين

التاليين:



ويمكن تلخيص فقد الأمونيا بالتطاير في الأراضي كما يلي :

- فقد الأمونيا بالتطاير يكون كبيراً في الأراضي الجيرية .
- فقد الأمونيا بالتطاير يكون كبيراً عند إضافة الأسمدة على سطح التربة .
- فقد الأمونيا بالتطاير يكون كبيراً في درجات الحرارة المرتفعة .
- فقد الأمونيا بالتطاير يكون كبيراً في الأراضي ذات السعة التبادلية الكاتيونية المنخفضة .

### (٣) التآزت ( النترة ) Nitrification

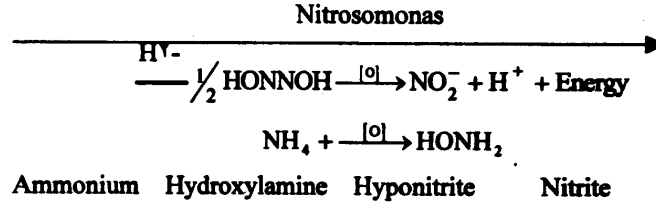
وهي عملية أكسده الأمونيوم إلى نترات بواسطة أنواع معينة من الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة وتتم على خطوتين :

(أ) أكسدة الأمونيوم إلى نيتريت (  $NO^-$  ) بواسطة الجنس البكتيري Nitrosomonas.

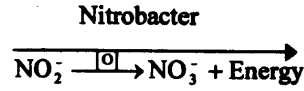
(ب) أكسدة النيتريت إلى نترات (  $NO^-$  ) بواسطة جنس Nitrobacter.

ويمكن تمثيل ذلك بالمعادلات كما يلي :

## الخطوة الأولى :



## الخطوة الثانية :



وغالباً ما تحدث الخطوة الثانية مباشرة بعد الخطوة الأولى وذلك حتى لا يتجمع النيتريت في التربة والذي يعتبر سام للنبات .

## (ج) مصير النترات Fate of Nitrate

النيتروجين الموجود في التربة على صورة نترات نتيجة إضافة الأسمدة أو المتكون نتيجة عملية التآزت قد يحدث له ما يلي :

(١) يستخدم بواسطة النباتات والكائنات الحية الدقيقة في التربة في عمليات التمثيل الغذائي assimilations .

(٢) يفقد في مياه الصرف .

(٣) يفقد في صورة غاز عن طريق عملية عكس التأزت denitrification .

(١) التمثيل الغذائي بواسطة النباتات والكائنات الحية الدقيقة :

كلا من النباتات والكائنات الحية الدقيقة في التربة يستخدمان النترا في عمليات التمثيل الغذائي . وفي بعض الأحوال يمكن للكائنات الحية الدقيقة استهلاك النترا من التربة بصورة أسرع من النباتات مما يكون له أثر سئ على النباتات في حالة عدم وجود كفاية من النترا في التربة .

(٢) الفقد بالغسيل :

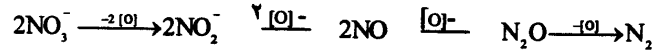
نتيجة لأن أيون النترا يحمل شحنة سالبة فانه لا يمتص على غرويلت التربة المحملة بشحنة سالبة وبذلك يكون عرضه للفقد بالغسيل بواسطة الماء المستخدم في الري أو عند سقوط الأمطار وتتوقف كمية النترا المفقودة في مياه الصرف على المناخ والممارسات الزراعية . وفقد النترا بالغسيل في مياه الصرف قد يؤدي إلى ارتفاع تركيز النترا في المياه الجوفية إلى درجة تكون ضاره بالإنسان والحيوان ولذلك يجب الحد من فقد النترا بالغسيل للحفاظ على البيئة من التلوث .

(٣) عكس التأزت Denitrification :

يحدث فقد النترا من التربة على الصورة الغازية نتيجة عملية عكس



التأزت denitrification حيث يتم اختزال النترات إلى مركبات غازية بواسطة أنواع من البكتيريا اللاهوائية اختياريًا Facultative anaerobic Bacteria وفي عملية عكس التأزت يختزل النيتروجين خماسي التكافؤ في النترات تدريجياً إلى نيتروجين أقل في التكافؤ كما يلي :

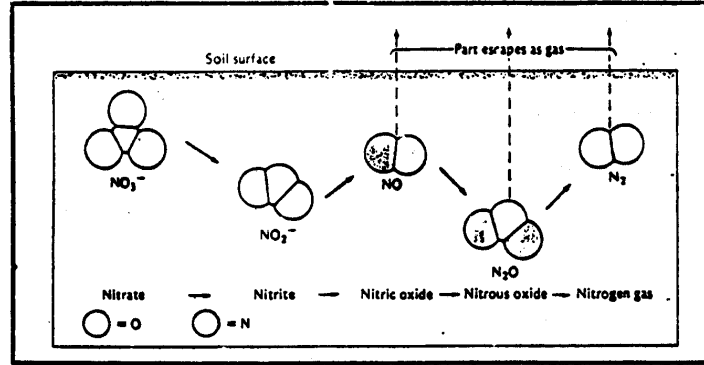


Nitrate Ions (+5)	Nitrite Ions (+3)	Nitric Oxide (+2)	Nitrous Oxide (+1)	Elemental Nitrogen (0)
-------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	------------------------------

كل خطوة من خطوات التفاعل السابق تتم في وجود إنزيم اختزال متخصص علماً بأن التفاعل يمكن أن يقف عند أي خطوة من خطوات التفاعل وينطلق الغاز في صورة NO أو O<sub>2</sub>N أو N<sub>2</sub> إلى الجو (شكل 1-11)

#### (د) التثبيت البيولوجي للنيتروجين Biological Nitrogen Fixation

التثبيت البيولوجي للنيتروجين هو عملية كيميائية تحدث فيها تحول عنصر النيتروجين إلى مركب نيتروجيني عضوي بواسطة عدد من الكائنات الحية الدقيقة مثل أنواع عديدة من البكتيريا وبعض أنواع الأكتينوميسيتات والبكتيريا الخضراء المزرقة Cyanobacteria .



شكل (11-1) : يوضح كيفية حدوث الإختزال في عملية عكس التآزت . البكتريا تأخذ الأكسجين من أيون النترات ويتبقى أيون النيتريت الذي بدوره يفقد أكسجين ويتحول إلى أكسيد النيتريك وهكذا.

وتقدر كمية النيتروجين المثبت على المستوى العالمي بحوالي ١٧٥ مليون طن سنوياً ولذلك فإنه يطلق على عملية تثبيت النيتروجين بأنها من أهم العمليات الحيوية على الأرض والتي تلي عملية التمثيل الضوئي في الأهمية (جدول 2-1) .

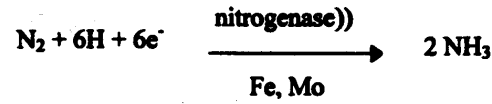
جدول (2-1) التثبيت البيولوجي للنيتروجين من مصادر مختلفة .

النيتروجين المثبت في العام (10 <sup>6</sup> Mg)	المساحة 10 <sup>6</sup> ha	الاستخدام
35	250	أرض مزرعة بالبقوليات
9	1150	أرض مزرعة بغير البقوليات
45	3000	أرض حشائش
40	4100	أرض غابات
10	4900	أرض غر مزرعة
36	36100	للبحار
175	49500	المجموع

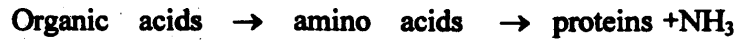
### ميكانيكية تثبيت النيتروجين mechanism of N fixation

تتم عملية تثبيت النيتروجين بوجه عام كما يلي :

١- اختزال غاز النيتروجين إلى أمونيا .



٢- تتحد الأمونيا مع الأحماض العضوية ويتكون أحماض أمينية وبروتينات.



نظم تثبيت النيتروجين

يتم تثبيت النيتروجين بيولوجيا من خلال النظم التالية وفي وجود أو عدم وجود النباتات كما يلي :

١. نظام تكافلي ( تتكون فيه عقد بكتيرية) مع :

أ - النباتات البقولية legumes .

ب- النباتات غير البقولية nonlegumes .

٢. نظام تكافلي لا تتكون فيه عقد بكتيرية .

## ٣. نظام لا تكافلي .

وعلى الرغم من أن النظام التكافلي مع البقوليات قد حظي باهتمام الدارسين لفترة كبيرة . إلا أن الدراسات الحديثة أظهرت أهميه النظم الأخرى في تثبيت النيتروجين. ولذلك فسوف نناقش باختصار نظم تثبيت النيتروجين.

## (١) التثبيت التكافلي للنيتروجين

## أ - النباتات البقولية Symbiotic Fixation with Legumes

يعتبر نظام المعيشة التكافلي بين البقوليات والبكتريا من جنس Rhizobium هو المصدر الرئيسي لتثبيت النيتروجين في الأراضي الزراعية . حيث تقوم البكتريا Rhizobium بغزو الشعيرات الجذرية وتكوين عقد بكتيرية تعمل على تثبيت النيتروجين وإمداد النبات بحاجته من النيتروجين بينما يقوم النبات بإمداد البكتريا بحاجتها من المواد الكربوهيدراتية والطاقة أي أن المنفعة هنا تبادلية.

تختلف أنواع البكتريا من الجنس Rhizobium والتي تكون العقد الجذرية باختلاف نوع النبات البقولى . ويوضح الجدول رقم (3-1) أنواع Rhizobium المختلفة المصاحبة للنباتات البقولية . وفى بعض المناطق التى يتم فيها زراعه البقوليات بانتظام نجد أن أعداد أنواع Rhizobium المتخصصة فى تثبيت النيتروجين غير كافيه ولذلك يجب تلقيح التربة أو تلقيح بذور البقوليات بالعقد البكتيرية المتخصصة .

جدول (3-1) : بعض مجاميع النباتات البقولية وأنواع *Rhizobium* المصاحبة.

المجموعة	نوع <i>Rhizobium</i>	النبات البقولية
البرسيم Clover	<i>R. Trifolii</i>	<i>Trifolium</i> spp. (Clover)
فول الصويا	<i>R. Japonicum</i>	<i>Glycine max</i> (Soybeans)
الفول	<i>R. Phaseoli</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i>
البسلة	<i>R. Leguminosarum</i>	<i>Pisum</i> (peas)
الترمس	<i>R. Lupini</i>	<i>Lupinus</i> (lupines)

ويتوقف معدل تثبيت النيتروجين على ظروف التربة والمناخ حيث يقل معدل تثبيت النيتروجين بزيادة محتوى التربة من النيتروجين الصالح للنبات أى أن تثبيت النيتروجين يحدث عندما يحتاج النبات إلى النيتروجين ولا يمكنه الحصول عليه من التربة.

#### ب- النباتات غير البقولية *Symbiotic Fixation with nonlegumes*

يوجد حوالى ١٦٠ نوع من النباتات غير البقولية يمكنها تكوين عقد جذرية وتثبيت النيتروجين تكافلياً وتتواجد أغلب هذه النباتات فى الغابات والأراضي الغدقة حيث تعمل الأكتينومييسيتات من نوع *Frankia* على غزو الشعيرلات الجذرية لهذه النباتات وتكوين عقد جذرية بها . كما يمكن للبكتريا من النوع *blue green bacteria* (*Nostoc*) من تثبيت النيتروجين تكافلياً مع بعض أنواع النباتات . ويوضح الجدول رقم (4-1) معدل تثبيت النيتروجين تكافلياً مع النباتات غير البقولية بالمقارنة مع معدل تثبيت النيتروجين تكافلياً مع النباتات البقولية .

جدول (4-1): مستويات تثبيت النيتروجين في نظم التثبيت المختلفة.

مستوى تثبيت النيتروجين (Kg N/ha per yr)	الكائن الحي الدقيق	النبات
100-150 50-150 50-100 30-50	بكتريا Rhizobium	<b>تكافلي</b> ١- بقوليات ( تكون عقد) برسيم Clover فول صويا ترمس فول
50-150 10-20	أكتينوميستات ((Frankia بكتريا خضراء مزرقه (Nostoc)	٢- غير بقوليه ( تكون عقد) Alders Gunnera
5-30 150-300	بكتريا ((Azotobacter بكتريا خضراء مزرقه (Anabaena)	٣- غير بقوليه (لا تكون عقد) Bahia grass Azollce
5-20 5-20 10-50	بكتريا Azotobacter Clostridium بكتريا خضراء مزرقه	<b>لا تكافلي</b>

(٢) تثبيت النيتروجين تكافلياً بدون تكوين عقد جذريه

#### Symbiotic Nitrogen Fixation without Nodules

أظهرت الدراسات الحديثه وجود نظام تثبيت النيتروجين في النباتات غير البقوليه بدون أن يتكون عقد جذريه ومثال ذلك قيام بعض أنواع البكتريا

الخضراء المزرقه (Anabaena) بعمل عقد على أوراق الأزولا وتثبيت كميات كبيرة من النيتروجين (جدول رقم 4-1) وكذلك قيام البكتريا من النوع Azotobater بتثبيت النيتروجين في منطقة الجذور Rhizosphere بدون تكوين عقد جذريه مع النباتات غير البقوليه ( الحشائش) وهذه البكتريا تستخدم افرازات جذور النباتات Root exudates كمصدر للطاقة ويتراوح معدل تثبيت النيتروجين في منطقة الجذور بين ٥-٣٠ kg N/ha .

### (٣) تثبيت النيتروجين لتكافلياً

يوجد في الأرض والماء أنواع عديدة من البكتريا التي تعيش معيشة حرة ولها القدرة على تثبيت النيتروجين بدون الاعتماد على النباتات ومن أمثله تلك البكتريا من جنس Azotobacter و Clostridium وبعض أنواع البكتريا الخضراء المزرقه . وتتوقف كمية النيتروجين المثبتة لا تكافلياً تبعاً لدرجة حموضة التربة وكمية المادة العضوية فيها ومحتوى التربة من النيتروجين الصالح للنبات . وبوجه عام نجد أن كمية النيتروجين المثبت لا تكافلياً أقل كثيراً من النيتروجين المثبت تكافلياً مع البقوليات حيث تتراوح بين ٣-١٥ kg N ha/yr (جدول 4-1) .

### صحة النظام البيئي

بدأ علماء البيئة يفكرون في صحة النظام البيئي كوسيلة لمعرفة تأثير التلوث الصناعي على البيئة ووضع أولويات البحث العلمي والسياسات العامة.

والنظام البيئي الذي يتمتع بالصحة هو ذلك النظام القادر على القيام بوظيفته والانتعاش منه حتى في ظل بعض الظروف الصعبة Stressess الناجمة عن النشاط الإنساني. والحقيقة أن استخدام كلمة صحة عند وصف النظام البيئي يمكن أن يثرى التفكير العلمي بقيم وأحكام قادرة على توظيف العلم لصالح البشرية .

### كيفية قياس صحة النظام البيئي

سوف نضرب هنا مثلاً على صحة النظام البيئي المائي وكيفية معرفة أن مياه نهر مثلاً ذات جودة عالية قادرة على الحفاظ على الأسماك والأنواع الأخرى التي تعيش فيها . في الحقيقة يوجد عدد من التقنيات التي تستخدم لقياس جودة المياه وذلك بفحص كميات وأنواع الكائنات الموجودة في عدة نقاط على طول النهر . والطريقة شائعة الاستخدام يطلق عليها الدليل الحيوي Index of Biotic Integrity (IBI) وفي هذه التقنية يتم أخذ عينات من الأسماك والأنواع المائية الأخرى عند مواقع محددة على طول النهر . ويتم تجميع العينات تبعاً للأنواع وتصنيفها تبعاً للغذاء الذي تتناوله (نباتات - حشرات -



أسماك) والحساسية للتلوث . وتختلف الأسماك تبعاً لحساسيتها للتلوث فبعض الأنواع مثل Carb لها مقدرة كبيرة على العيش في المياه الملوثة بينما أنواع أخرى مثل mayflies , darters تعيش فقط في المياه عالية الجودة . ولذلك فإن الدليل الحيوي يعتمد على وجود هذه الأسماك في تقييم صحة النظام البيئي المائي ويوضح الجدول (5-1) دلائل صحة النظام البيئي .

جدول (5-1) : دلائل صحة النظام البيئي .

دليل صحة النظام البيئي	المقياس	الطرق /مصادر البيانات	التأثير
الاكتفاء الذاتي من المغذيات	استيراد المغذيات/وحدة المساحة من الأرض .	موازنة المغذيات للمحصول ولوضئاً للحيوانات .	تمثل دعم النظام .
فقد المغذيات	(تطهير + ضيل + جريان سطحي + عكس التآكل) // وحدة المساحة من الأرض .	موازنة المغذيات للمحصول والمحتويات .	تلوث .
توازن المغذيات	تصدير - استيراد لكل وحدة مساحة من الأرض أو لكل مزرعة .	موازنة المغذيات للمحصول والحيوانات .	إذا زاد التصدير عن الاستيراد فهذا يدل على تدهور النظام أما إذا زاد الاستيراد عن التصدير فهذا يعني أن النظام يحتوى على قدر كبير من المغذيات مما قد يؤدي ذلك إلى التلوث.
الاكتفاء الذاتي من الطاقة	الإمداد بالطاقة الصناعية لكل وحدة مساحة	موازنة الطاقة للمحصول والحيوانات .	تمثل دعم النظام .

توازن الطاقة	(الطاقة في المنتجات المصدرة - الطاقة الصناعية التي دخلت النظام) لكل وحدة مساحة.	ميزانية الطاقة للمحصول والحيوانات .	إذا كانت أكبر من صفر فهذا يعني أن الشمس هي المصدر الرئيسي للطاقة أما إذا كانت أقل من صفر فهذا يعني أن ضوء الشمس أقل أهمية من الوقود الأحفوري.
نخر التربة	(فقد التربة / وحدة مساحة / العام) .	المعدلة العالمية لفقد التربة .	إذا كانت أكبر من ١ فهذا يعني أن النظام غير مستديم .
جودة التربة	إضافات وفقد الكربون العضوي لكل وحدة مساحة .	البقائت المنشورة عن محتوى بقايا النباتات فوق وأسفل سطح التربة والأسمدة العضوية من الكربون العضوي وكذلك الأبحاث المنشورة عن تحولات الكربون .	تتبع الإمداد بالكربون العضوي مع العناصر الغذائية الكبرى التي تعتبر عامل محدد لجودة التربة .
جودة المياه	تركيز الكائنات الممرضة والمغذيات والمبيدات والترسبات في المياه السطحية والجوفية .	نتائج تحليل المياه .	التلوث - التهديد المحتمل لصحة الإنسان والحيوان .
جودة الهواء	عدد المصابين بمشاكل التنفس في العام.	نتائج عن الصحة العامة .	التلوث - التهديد المحتمل لصحة الإنسان .

## مراجع النحل الأول

- David Ehrenfeld. 1993. People and nature in the New Millennium. Oxford Univ. press.
- Environment Canada. 1995. Ecosystems Initiatives. Environment Canada, Ottawa.
- Task Group on Ecosystem Approach and Ecosystem Science. 1996. The ecosystem Approach: Getting Beyond the Rhetoric- Environment Canada. Ottawa.

### مواقع الإنترنت

[http: // www.marieua.edul~biol/102/ecsystem.](http://www.marieua.edul~biol/102/ecsystem)

[http: // www.wri-org/wri/wr200/Ecosystem.](http://www.wri-org/wri/wr200/Ecosystem)

[http: // www.ec-gc.ca.](http://www.ec-gc.ca)

[http: // www.globalchange.umicn.edu/ecosystem.](http://www.globalchange.umicn.edu/ecosystem)





## التلوث

- ❖ أقسام التلوث
- ❖ أنواع الملوثات
- ❖ السيطرة على التلوث



## التلوث Pollution

التلوث البيئي يمثل إحدى المشكلات الهامة التي تواجه البشرية في العصر الحاضر نتيجة للنشاط الإنساني المتزايد في كافة مجالات الحياة ولفظ البيئة يطلق على المحيط أو الإطار الذي يعيش فيه الإنسان أو الحيوان أو الكائنات الحية ويشمل الهواء الذي يتنفسه الإنسان والكائنات الحية والماء الذي يشربه والتربة التي ينتج غذائه منها وتتميز البيئة الطبيعية Natural Environment بوجود توازن دقيق ومستمر بين عناصرها المختلفة ويطلق على هذا التوازن اسم النظام البيئي Ecosystem .

وتمثل قضية التلوث أولوية من أولويات العصر لما له من أبعاد صحية سيئة تتمثل في وجود الملوثات بأنواعها المختلفة بنسب أكبر من تلك التركيزات المسموح بها مما يخل من التوازن بين عناصر البيئة المختلفة .

ويعرف التلوث بأنه :

"أي تغير في صفات وخواص الهواء والماء والتربة والغذاء من شأنه أن يؤثر سلباً على صحة ومعيشة ونشاط الإنسان أو الكائنات الحية الأخرى ذات الفائدة للإنسان" .

أى أن التلوث البيئي يحدث نتيجة إدخال أى مادة غير مألوفة إلى وسط من الأوساط البيئية (هواء - ماء - تربة) وتؤدي هذه المادة عند وصولها لتركيز حرج (ملوثات) إلى نتائج ضاره على صحة الانسان والكائنات الحيه الأخرى ذات الفائدة للإنسان .

### أقسام الملوثات

تقسم الملوثات إلى قسمين رئيسين :

#### أ. على أساس التحلل

##### ١. ملوثات قابلة للتحلل :

وتشمل الملوثات سريعة التحلل مثل مخلفات الصرف الصحي وهذه الملوثات يمكن أن تمثل مشكله بيئيه عند إضافتها للتربة بمعدل يفوق معدل تحللها .

##### ٢. ملوثات مقاومه للتحلل :

وتشمل الملوثات غير القابله للتحلل أو التي تتحلل ببطء شديد فى البيئه الطبيعىة وبالتالي يكون من الصعب جدا إزالتها . وأمثلة المركبات المقاومه للتحلل المبيدات المكلورة مثل (DDT) dichlorodiphenyl trichloroethane , dioxins , Polychlorinated biphenyls (PCBs) والنظائر المشعه وهذه الملوثات قد تتجمع فى أجسام الحيوانات من خلال السلسله الغذائيه إلى مستويات وتركيزات عالية فعلى سبيل المثال تتجمع بعض جزيئات المركبات السامه على سطوح أوراق النباتات المائيه دون أن تسبب أى ضرر لهذه

النباتات ويمكن للأسماك الصغيرة أن تتغذى على هذه النباتات وتتجمع داخلها تركيزات عالية من هذه المركبات السامة والأسماك الكبيرة التي تتغذى على هذه الأسماك الصغيرة يمكنها أن تجمع داخلها هذه المركبات السامة بتركيزات عالية جداً تكون ضاره بالصحة وهذه العملية يطلق عليها التجمع الحيوى bioaccumulatio.

### ب . على أساس الصفات

#### ١. ملوثات بيولوجية

مثل حبوب اللقاح والفضلات البشرية التي تضيف إلى المياه أحمالاً بيولوجية تجعل من الماء مصدراً خطراً على صحة الإنسان والحيوان .

#### ٢. ملوثات كيميائية

مثل مخلفات احتراق الوقود ومخلفات الصناعات والمبيدات الحشرية والمواد المشعة وكل هذه الملوثات تفسد الهواء والماء والتربة .

#### ٣. ملوثات فيزيائية

مثل الضوضاء الناتجة عن المصانع والطائرات الضخمة ووسائل المواصلات وكذلك التغيير في درجات حرارة الجو greenhouse effect .

### تأثير التلوث : Impacts of Pollution

الإنسان هو أكثر الكائنات الحية عرضه للتأثر بالملوثات المقاومة للتحلل وذلك لأنه يقع على قمة السلسلة الغذائية . والمثال الواضح على ذلك الكارثة



التي حدثت لمواطني اليابان والمقيمين بالقرب من خليج ميناماتا حيث تفشى في سكان هذه المنطقة في المستنقعات للشلل والأمراض العصبية بطريقة وبائية وتسبب ذلك في موت أكثر من 400 شخص وأتضح أن السبب في ذلك هو تلوث مياه هذا الخليج بالزئبق الناتج من الصناعات الموجودة على هذا الخليج . مما أدى إلى زيادة تركيز هذا العنصر السام في أجسام الأسماك وبالتالي في أجسام الأشخاص الذين تناولوا هذه الأسماك . وأوضحت الأبحاث حديثاً أن كثير من الملوثات الكيميائية مثل DDT , PCBs تؤثر على الوظائف الحيوية للإنسان .

والتلوث له تأثير ضار على المصادر الطبيعية فالنظم البيئية مثل الغابات ، الانهار وغيرها تعمل على تحسين خواص وصفات البيئة الأرضية مثل تحسين صفات وخواص الماء والهواء وتمت النباتات والحيوانات بالبيئة الصالحة للنمو كما أنها تمد الإنسان بالغذاء والدواء . ويعمل التلوث على القضاء على هذه الوظائف الهامة للبيئة . وأكثر من ذلك ولطبيعة العلاقة المعقدة بين الكائنات الحية والنظام البيئي نجد أن التلوث له عواقب وخيمة يكون أحياناً من الصعب التنبؤ بها على سبيل المثال عدم مقدرة العلماء على التنبؤ تماماً بالأخطار التي سوف تتجم عن نقص طبقة الأوزون وهي الطبقة التي تحمي الكرة الأرضية من تأثير الأشعة فوق البنفسجية الضارة .

والتأثير الآخر للتلوث هو التكاليف الباهظة التي تتكلفها الدول لتنظيف البيئة ومنع التلوث . لقد وجد أن السيطرة على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

وهو الغاز الناتج من احتراق الوقود (فحم أو بترول - خشب) إلى مستوى ما كان عليه عام 1990 يتكلف حوالى 2% من الناتج القومى للبلاد المتقدمه . ولقد قدرت تكاليف خفض التلوث فى الولايات المتحدة الأمريكية عام 1993 حوالى 159 بليون دولار حوالى 29% من هذه التكاليف تتفق على تلوث الهواء 36% بنفق على تلوث الماء ، 37% بنفق على المواد الصلبة .

بالإضافة إلى التأثير الضار للتلوث على الاقتصاديات والصحة والموارد الطبيعية فإنه يؤثر سلبا أيضا على الناحية الاجتماعية . ولقد أوضحت الأبحاث أن الأشخاص ذو الدخل الضعيف لا يتحصلوا على نفس القدر من الحماية التلوث بالمقارنة بالأشخاص ذو الدخل المرتفعة . فغالبا ما نجد أن مخازن المخلفات السامة ، المشاريع الكيميائية ، أماكن إلقاء المخلفات الصلبة تقع فى أماكن تجمعات الأفراد محدودى الدخل .

### أنواع التلوث Types of Pollution

يحدث التلوث نتيجة إضافة ملوثات إلى البيئة وهذه الملوثات قد تكون :

#### ١. معلومة المصدر point source

وهذه تأتي من مصادر محدده معروفه مثل أنابيب الصرف الصحى .

#### ٢. غير معلومة المصدر non - point source

وهذه الملوثات تأتي من مصادر غير محدده مثل تلوث الماء من المناطق الصناعية المحيطة بها أو من انبعاثات الغازات المتصاعدة من السيارات .

وتأثير هذه الملوثات قد يكون :

(أ) لحظيا primary أى أنه يحدث مباشرة بعد حدوث التلوث مثل موت النباتات البحرية والأسماك مباشرة نتيجة التلوث بالمواد البترولية بعد الحوادث البحرية التى تحدث لنقلات البترول .

(ب) ثانويا Secondary أى أن تأثير التلوث لا يكون ملحوظا وفوريا ويظهر هذا التأثير بعد عدة سنوات مثل DDT وهو مبيد كيميائى لا يؤثر على الطيور مباشرة وإنما يتجمع فى أجسام هذه الطيور بتركيزات عالية تؤدى إلى عقم هذه الطيور وهذا ما تم نشره فى كتاب "الربيع الصامت" Silent Spring 1962 للكاتبة Rachel Carson حيث أدى هذا المبيد إلى القضاء على أنواع عديدة من الطيور مما نبه الرأى العام إلى التأثير الخفى لهذه المبيدات غير القابلة للتحلل .

#### أ . تلوث الماء Water Pollution

الماء هو أحد شرايين الحياة التى لا غنى عنه لكافة المخلوقات من إنسان ونبات وحيوان فالإنسان يحتاجه للشرب يوميا للقيام بكافة العمليات البيوكيميائية فى جسمه وينطبق ذلك أيضا على الحيوان والنبات .

والحاجة إلى المياه العذبة فى تزايد مستمر نتيجة الزيادة الهائلة فى أعداد السكان فى غضون خمسون عاما (1940- 1990) تضاعفت كميات المياه المستهلكة من الأنهار والبحيرات والمصادر الأخرى إلى أربعة

أضعاف وحوالي 69 % من المياه المستهلكة تستخدم في الزراعة ، 23 % في الصناعة ، 8 % للإحتياجات المعيشية للسكان . ويمثل الماء العذب حوالي 3 % من الماء في الكرة الأرضية في حين أن الماء الصالح للشرب يمثل حوالي 1 % فقط . وفي الولايات المتحدة الأمريكية نجد أن الماء الجوفى يعتبر مصدر ماء الشرب لحوالي 100 مليون نسمة . ونتيجة لمحدودية المياه العذبة وأهميتها الكبرى يجب أن نحافظ على هذه المياه من التلوث .

وتتخصص مصادر التلوث الرئيسية للماء فيما يلي :

١. التلوث الناتج عن سقوط الأمطار على سطح الأرض حيث تعمل الأمطار على إذابة أملاح التربة المعدنية والأسمدة الزراعية والمبيدات وتحمل معها هذه المواد وتلقى بها في المجارى المائية مثل الأنهار والبحيرات .
٢. التلوث الناتج من مياه الصرف الصناعي والذي ينتج من تخلص المصانع من مخلفاتها غير المعالجة بإلقائها في الأنهار والبحيرات والبحار وتشمل مخلفات المصانع جميع المواد العضوية وغير العضوية التي يتوقف نوعها على طبيعة نشاط هذه المصانع . ويعتبر التخلص من المخلفات الصناعية في المجارى المائية من الأخطار الحقيقية التي تؤثر على كافة عناصر البيئة حيث أن أغلب هذه المخلفات ذات تأثير سام وشديدة الثبات وغير قابله للتحلل ويظل أثرها المتبقى مدة طويلة في المجارى المائية مما يكون له أسوأ الأثر على الإنسان والكائنات الحية . والجديد بالذكر أن 90 % من مياه الصرف الصناعي في البلاد المتقدمة يتم التخلص

منها بالقائها فى الأنهار والخلجان مسببه أخطار صحيه تصيب الإنسان .

٣. التلوث الناتج عن مياه الصرف الزراعى نتيجة للأستخدام المكثف للأسمدة الزراعية والمبيدات بكافة أنواعها وهذه المواد لها أثار سميّه شديده على الإنسان والحيوان .

٤. التلوث الناتج عن مياه الصرف الصحى والذى ينتج من إحتواء هذه المياه على كميات كبيرة من المنظفات الصناعيه المستخدمه فى أغراض التنظيف المختلفه إضافه إلى إحتوائها على العديد من البكتريا والفيروسات الممرضه مثل الكوليرا والتيفود والتهاب الكبد الوبائى والدوسنتاريا . وعند إلقاء مياه الصرف الصحى دون معالجه فى المجارى المائيه كالأنهار والبحيرات يحدث تلوث شديد لهذه المياه وتصبح غير صالحه للاستهلاك الآمى أو لرى المحاصيل الزراعيه بالإضافة إلى تأثير الأسماك بهذه الملوثات . وفى تقرير هيئة حماية البيئه الأمريكيه 1995 إتضح أن حوالى 37% من البحيرات والأنهار فى الولايات المتحده الأمريكيه ملوثه ولا تصلح حتى للاستحمام أو الصيد .

#### ب . تلوث التربه Soil Pollution

التربه هى خليط من المواد المعدنيه والمواد العضويه التى تكونت خلال عمليات بالغه التعقيد فى فترة زمنية طويله تقدر بالآف السنين . وتعتبر

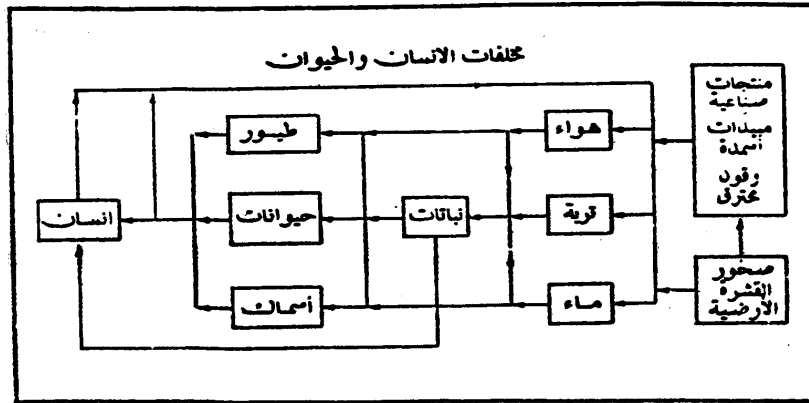
التربة هي البيئة الصالحة والضرورية لنمو النبات ولإنتاج الزراعى . وتلوث التربة يعنى تراكم المركبات الكيميائية السامة ، الأملاح والكائنات الدقيقة الممرضة (pathogens) والمواد المشعة بتركيزات تؤثر على حياة الإنسان والحيوان .

فالتربة هي المستقبل الرئيسى للعديد من مخلفات المواد الكيميائية المستخدمة فى المجتمع المتحضر وعند دخول هذه المواد إلى التربة تصبح جزءا منها وبالتالي تؤثر على جميع صور الحياة ولقد أدى سوء الإدارة للأتربة إلى تدهور خواصها وصفاتها الطبيعية وبالتالي تلوثها . فالأستخدام الكثيف للأسمدة الكيميائية والمبيدات بكافة أنواعها تداخل مع العمليات الطبيعية التى تحدث فى التربة مؤديا إلى تدمير الكائنات الحية المفيدة فى التربة فعلى سبيل المثال يقوم المزارعون منتجى محصول الفراولة إلى تعقيم التربة باستخدام بروميد الميثيل للقضاء على الكائنات الحية الضارة للمحصول . وتعقيم التربة بهذه الوسيلة لايقضى على الكائنات الضارة بالمحصول فقط وإنما يقضى أيضا على الكائنات الحية المفيدة التى تقوم بكثير من العمليات الحيوية فى التربة ذات الصلة بخصوبة التربة وبالتالي يصبح الاعتماد على التسميد الكيميائى أمرا ضروريا للوفاء باحتياجات النبات من العناصر . ولقد أدى ذلك إلى الأستخدام المكثف للأسمدة وما يتبعه من تلوث للتربة والمياه .

والملوثات شائعة الانتشار والتي تصل إلى التربة بكميات كبيرة تشمل  
الأمدة الكيميائية والمبيدات بأنواعها والملوثات غير العضوية السامة  
والمخلفات العضوية وعندما تصل هذه الملوثات أى كان مصدرها إلى التربة  
تصبح جزء من دورة الحياة التى تشمل :

للتربة ← النبات ← الحيوان ← الإنسان

(شكل 1-3) ولأسوء الحظ فعندما تصبح هذه الملوثات جزء من الدور  
السابق نكرها فإنها تتجمع فى أنسجة الحيوان والإنسان بتركيزات سامه  
ولذلك فإنه من الضروري وضع ضوابط صارمه للحد من انطلاق هذه  
الملوثات ووصولها إلى التربة .



شكل (1-2) : دورة الملوثات فى النظام البيئى

وسوف نكتفى بهذا القدر حيث أن هذا الموضوع سوف نتناوله تفصيلا في الأبواب اللاحقة .

### ج. المخلفات الصلبة

نظرا للزيادة الرهيبة في الاستهلاك الناتج عن التزايد السكاني تنتج مخلفات صلبة تختلف في نوعها وحجمها وتعرف المخلفات الصلبة بأنها المواد الصلبة غير المرغوب فيها مثل القمامة ومخلفات المنازل من بقايا طعام وورق والعبوات الفارغة الزجاجية والمعدنية والبلاستيكية وبقايا الملابس المستهلكة وبقايا الأخشاب وبقايا الاثاث المستهلك وكذلك المخلفات الصناعية الصلبة الناتجة عن المصانع المختلفة وهايكال السيارات القديمة وبقايا الأجهزة الكهربائية المستهلكة بالإضافة إلى المخلفات الزراعية النباتية مثل حطب القطن وقش الأرز والقمح وأغلفة الذرة وقشور الأرز .

ملايين الأطنان من هذه المواد الصلبة يتم التخلص منها سنويا فنجد أن الولايات المتحدة الأمريكية تنتج حوالى 200 مليون طن من المخلفات الصلبة كل عام وبوجه عام نجد أن المدن في البلاد المتقدمة ينتج قاطنوها مخلفات صلبة تفوق بكثير ما ينتجه قاطنى الدول النامية فعلى سبيل المثال المخلفات الصلبة للفرد فى واشنطن يعادل خمسة أضعاف المخلفات الصلبة للفرد فى بلد مثل الأكوادور علاوة على أن المخلفات الصلبة فى الدول المتقدمة تحتوى على نسبة عالية من المواد الصناعية التى تأخذ وقتا طويلا لكى تتحلل



وللحفاظ على نظافة البيئة وبالتالي حفظ الصحة العامة للإنسان يجب التخلص من هذه المخلفات الصلبة بصورة دائمة حيث أنها تعد بيئة لنمو البكتريا والفيروسات والحشرات مما يؤدي إلى انتشار الأمراض البكتيرية والفيروسية كالقوليرا والتيفود والجرب والتهاب الكبد الوبائي وغيرهما من الأمراض المعدية التي تصيب الإنسان ويوجد العديد من الطرق للتخلص من هذه المخلفات الصلبة نذكر منها ما يلي :

#### ١. Land fills

وفي هذه الطريقة يتم نقل المخلفات الصلبة إلى أماكن بعيدة عن العمران حيث تدفن في حفر خاصة تحت سطح الأرض وتعتبر هذه الطريقة أكثر الطرق شيوعاً وأرخصها ولكن يجب هذه الطريقة أنه على المدى الطويل سرعان ما تمتلئ هذه الحفر وتصبح مصدراً لتلوث التربة والماء والهواء خاصة عندما تحتوي هذه المخلفات على نسب عالية من المخلفات الصناعية المحملة بالسموم كما قد يؤدي التحلل اللاهوائي لهذه المخلفات إلى تكوين غاز الميثان وتجمعه مما يؤدي إلى حدوث انفجارات .

#### ٢. الحرق Incineration

وفي هذه الطريقة يتم حرق المخلفات لخفض حجمها وللأسف فهذه الطريقة ينجم عنها رماد يحتوي على تركيزات عالية من العناصر الثقيلة والمركبات السامة كما قد يتم حرق المخلفات الصلبة ذات القيمة الحرارية مثل الأوراق والأقمشة البالية ومخلفات الأخشاب في أفران خاصة حيث

يستفاد بالطاقة المتولدة من حرق هذه المخلفات في أغراض التدفئة أو توليد الكهرباء وايضا ينتج عن هذه الطريقة إطلاق كميات كبيرة من الغازات الضارة الملوثة للبيئة تختلف في نوعيتها تبعا لنوع المخلفات إضافة إلى الرماد الناتج من عملية حرق هذه المخلفات ولذلك يجب تزويد أفران الاحتراق بأجهزة ومعدات تعمل على التخلص من الشوائب والغازات الضارة حفاظا على البيئة وصحة الإنسان .

### ٣.تصنيع سماد طبيعي Composting

وفي هذه الطريقة يتم فصل المخلفات العضوية الصلبه وتعريضها لعمليات بيولوجية طبيعية للإسراع من تحللها وتحويلها إلى سماد طبيعي وتعتبر هذه الطريقة فعالة للتعامل مع القمامة العضوية . كما أن هذه الطريقة تستخدم الآن بكثرة وخاصة مع المخلفات الزراعية مثل بقايا نباتات القمح والأرز والنره .

### ٤.إعادة التصنيع والاستخدام Recycling

من المعروف أن مكونات المخلفات تشمل المواد المعدنية والزجاجيه والورقيه لذلك يتم فرز كل نوع على حده فالمواد المعدنية يعاد استخدامها في المصانع الصغيرة والمواد الزجاجية يعاد صهرها وتصنع منها أنواع رخيصة الثمن قاتمة اللون كما أن المواد الورقية يصنع منها الورق المستخدم في أغراض التعبئة وإطارات السيارات القديمة تستخدم في صناعة المطاط والعظم في تحضير مادة الغراء .

وتنتشر هذه الطريقة في الدول النامية حيث تعتبر أحد الاستراتيجيات الهامة التي تتبعها هذه الدول للتخلص من المخلفات الصلبة فتبعا لتقرير هيئة حماية البيئة الأمريكية نجد أن 20% من المخلفات الصلبة في الولايات المتحدة الأمريكية يتم تدويرها وإعادة تصنيعها . كما أن هذه الطريقة شائعة الانتشار أيضا في البلدان الآسيوية فنجد الهند على سبيل المثال نظمت وضع أوعية كبيرة في الشوارع لتجميع المخلفات الصلبة ولكن مفتاح حل هذه المشكلة يكمن في خفض كمية المخلفات الصلبة الناتجة وذلك عن طريق إيجاد وسيلة فعالة ورخيصة لتصميم المنتجات بحيث يمكن إعادة استخدامها بسهولة .

#### ه. إنتاج الكحول الإيثيلي Ethyl Alcohol Production

وفي هذه الطريقة تستخدم المخلفات الزراعية مثل بقايا نباتات القمح والذرة والأرز والبطاطس والبطاطا وقلق الأشجار وتجري لها عمليات تخمر بواسطة أنواع خاصة من البكتريا لتحويله إلى كحول إيثيلي يمكن استخدام كوقود وفي أغراض أخرى متعددة .

#### د. المخلفات الخطرة Hazardous Waste

المخلفات الخطرة هي مخلفات صلبة أو سائلة أو غازية تؤثر سلبا على صحة الإنسان والبيئة وغالبا ما تكون غير قابلة للتحلل ومن أمثلتها الكيماويات السامة والقابلة للإستغلال والمواد المشعة الناتجة من المصانع الكيماوية أو المفاعلات النووية أو مصانع الدواء .

وتقدر كمية المخلفات الخطره المنتجه فى العام بحوالى 400 مليون طن  
يخص الولايات المتحدة الأمريكیه وحدها حوالى 240 مليون طن سنوياً .  
وتمثل عمليات نقل وتخزين هذه المخلفات والتخلص منها مخاطر شديدة على  
صحة الإنسان حيث أن أقل قدر من التعرض لهذه النفايات يمكن أن يسبب  
أمراض السرطان أو تشوهات للأجنة وأمراض عصبية وأيضاً الموت . كما  
أن تسرب هذه المواد الخطرة على نطاق واسع إلى البيئة يمكن أن يمثل  
كارثة تؤدي إلى موت الآلاف وتلوث الماء والهواء والتربة إلى مدى طويل  
ونحن جميعاً نتذكر حادثة تشرنوبيل بالاتحاد السوفيتى عام 1986 والتي  
تسببت فى قتل 31 شخصاً وتهجير حوالى 100,000 من السكان كما تسببت  
هذه الحادثة أيضاً فى تلوث المناطق المجاورة بالإشعاعات التى انتشرت إلى  
مسافات بعيدة حتى وصلت إلى النرويج وبريطانيا كما أدت إلى تلوث بينى  
شديد ضار لكافة الكائنات من نبات وحيوان وإنسان وقد وجد أن الغبار  
الذرى الناتج من هذا الحادث يحتوى على العديد من العناصر المشعة الضارة  
مثل اليود 131 ، السيزيوم 134 ، الباريوم 140 ، الاسترنتسيوم 90 .

ومنذ حوالى ثلاثون عاماً قبل حادثة خليج ميناماتا باليابان 1970 كان يتم  
التخلص من النفايات الخطرة وذلك بدفنها فى باطن الأرض على أعماق  
كبيرة أو إلحاقها فى البحار بتركيزات منخفضة ولكن الآن توجد تشريعات  
تحظر عمل ذلك وتضع شروط وقوانين للتخلص من هذه النفايات ولكن هذه  
القوانين من الصعب تنفيذها . فمن الأمور الشائعة الآن أن بعض الشركات

الصناعية الكبرى فى الدول المتقدمة تقوم بدفع مبالغ كبيرة للدول النامية لقبول شحنات من النفايات الضارة والتخلص منها فى أراضيها وهو ما يعرف باسم تجارة النفايات waste trade .

وجدير بالذكر أن الأماكن التى تم استخدامها فى الماضى لدفن هذه النفايات يجب تنظيفها ولقد قدر عدد الأماكن المطلوب تنظيفها فى الولايات المتحدة بحوالى 10,000 مكان تتكلف حوالى 100 بليون دولار وتستغرق خمسون عاما.

والمشكلة التى تؤرق العالم اليوم على وجه الخصوص هى المخلفات النووية الناتجة من الوقود المستهلك فى المحطات النووية وكيفية التخلص من هذه المخلفات . فالنفايات النووية لها فترة نصف عمر طويلة جدا فعلى سبيل المثال فترة نصف عمر البلوتونيوم تقدر بـ 24,000 عام والمطلوب حوالى عشرة أضعاف فترة نصف العمر لكى تصل الإشعاعات المنطلقة من البلوتونيوم إلى حد الأمان أى الفترة الزمنية المطلوبة هي حوالى ربع مليون سنة . ولذلك فلا توجد وسيلة يمكن استخدامها وتكون آمنة وتضمن عدم الوصول إليها لمدة ربع مليون سنة . ولقد اتفق العلماء على أن أنسب وسيلة هي دفن هذه النفايات فى مكان صخرى ثابت فى باطن الأرض ولكن حتى الآن لم يتم تحديد مكان دفن هذه النفايات خوفا من الزلازل التى قد تؤدي إلى إطلاق هذه المواد المشعة إلى المياه الجوفية لأن حدوث ذلك سوف يمثل كارثة لا يمكن تقاديبها . ونحن نأمل أن يقوم العلم والتكنولوجيا بإيجاد حل

لهذه المشكلة . وحتى يتم التوصل إلى حل آمن فأغلب النفايات الذرية يتم حفظها الآن في أماكن تخزين في موقع المفاعل النووي نفسه .

### هـ . التلوث السمعي (الضوضاء) Noise Pollution

تعتبر الضوضاء أو الأصوات غير المرغوب فيها الناتجة من الطائرات ، المواصلات ، آلات المصانع نوع من أنواع التلوث ويكون التلوث السمعي أشد ما يكون في الأماكن المزدحمة بالسكان ويمكن أن يؤدي إلى فقد السمع وارتفاع ضغط الدم والتوتر الشديد والاجهاد المزمن .

ينتج الصوت من الأشياء التي تتذبذب *vibrate* بمعدل يمكن للأذن أن تستشعره وهذا المعدل يطلق عليه تردد *frequency* ويقاس بوحدة *hertz* أي عدد الذبذبات في الثانية . وتستطيع أذن الإنسان أن تسمع أصوات في مدى *20,000 - 20 hertz* بينما تستطيع الكلاب أن تميز أصوات حتى *50,000 hertz* . والأصوات ذات التردد العالي تكون خطورتها على السمع أكبر من الأصوات ذات التردد المنخفض وتعزى خطورة الضوضاء إلى شدة هذه الأصوات أو مقدار الطاقة بها . وتقاس شدة الصوت (*sound intensity*) بوحدة دوليه تعرف باسم ديسيبل *Decibel* وتتراوح من صفر بالنسبة للأصوات المنخفضة جدا إلى أكثر من *160 decibels* فعلى سبيل المثال المحادثة العادية بين الأشخاص تكون شدتها *40 decibels* ، صوت القطار شدته حوالي *80 decibels* أما إقلاع الطائرة فتبلغ شدة الصوت فيها *110 decibels* ويعتبر الحد الحرج لشدة الضوضاء *120 decibels* وأكثر من ذلك

يؤدى إلى فقد السمع وتمزق الأغشية ولقد اتفق العلماء أن الحد الأقصى لشدة الضوضاء المسموح بها هو 75 decibels حيث يجب على الإنسان أن لا يتعرض لأكثر من هذه الشدة للحفاظ على سمعه وتجنب الآثار الفسيولوجية الضارة لهذه الضوضاء .

ولتجنب الضوضاء وتلافى الأضرار الناتجة عنها يجب تطبيق بعض الاحتياطات الخاصة مثل وضع مواد ماصة للصوت insulation واستخدام السدادات الواقية للأذن وخاصة فى الأماكن الصناعية كما يجب زراعة النباتات لإمتصاص الضوضاء . أيضا يجب عزل الأماكن الصناعية والورش بعيدا عن الأماكن الأهلة بالسكان .

#### السيطرة على التلوث Controlling Pollution

نظرا للتلوث الإنسانية التى حدثت فى منتصف القرن العشرين فقد قامت العديد من الدول بوضع تشريعات خاصة صممت لإصلاح ما تم إفساده فى الماضى ولضمان بيئه نظيفة فى المستقبل . ففى الولايات المتحدة الأمريكيه تم وضع قانون الهواء النظيف عام 1970 وتم تطبيقه وأدى ذلك إلى خفض تركيز بعض ملوثات الهواء مثل انبعاثات ثانى أكسيد الكبريت كما أن تطبيق قانون الماء للنظيف 1977 أدى إلى تنظيم إلقاء الملوثات فى المياه وتحديد نسب الملوثات المسموح بها فى الماء . أيضا قانون السيطرة على المواد السامه 1976 ثم وضعه لإختبار الملوثات الخطرة والسيطرة عليها .

وفى عام 1980 تم وضع قانون التعويضات Compensation & Liability Pact لتوفير المال اللازم لتنظيف المواقع التى لوثت فى الماضى بالنفايات الخطره . وبالرغم من القوانين السابق ذكرها فإن التقدم نحو بيئة نظيفة مازال ضعيفا وبطيئا نتيجة لنقص الاعتمادات اللازمة لذلك .

ايضا تم الوصول إلى بعض الاتفاقيات العالمية التى بلا شك سوف تلعب دورا نحو السيطرة على التلوث مثل اتفاقية مونتريال التى تحد من انتشار المواد التى تؤثر سلبا على طبقة الأوزون (1987) . وهذه الاتفاقية وضعت تواريخ محددة لخفض انبعاثات الغازات والكيماويات من المصانع مثل مواد الكلورفلوروكربون المعروف تأثيرها الضار على طبقة الأوزون . ايضا مؤتمر بازل 1989 Basel الخاص بمنع نقل النفايات الخطره والتخلص منها عبر الحدود وبالقسط مثل هذه الاتفاقيات سوف تساهم فى تحجيم مشكلة التلوث .

القوانين والتشريعات الخاصة بالبيئة ساهمت بلا شك فى الحد من تلوث الماء والهواء فى الدول المتقدمة فالسيارات فى هذه الدول يصدر عنها عوادم غازية عام 1990 لكل بكثير مما كان يصدر عام 1970 كما أن المصانع الآن تستخدم وقود به نسبة منخفضة من الكبريت . كما تم تركيب فلاتر لهذه المصانع للحد من انبعاثات الغازات المنطلقة للجو أما بالنسبة للدول النامية فهى مازالت تكافح من أجل السيطرة على التلوث فيها نظرا لعدم توفر التكنولوجيا الخاصة بذلك بها بالإضافة إلى أنها تعمل على تقوية اقتصادياتها



وللأسف الشديد يتم ذلك على حساب البيئة حيث تقوم الدول النامية بجذب رؤوس الأموال الأجنبية وذلك بتوفير امتيازات لها تشمل مواد خام رخيصة ، عماله رخيصة وقوانين غير صارمة بالنسبة للتلوث . وعلى سبيل المثال المشروع المقام فى المكسيك على الحدود بين المكسيك والولايات المتحدة الأمريكية يقوم بتوفير العمل لعدد كبير من السكان ولكن للأسف يغفل التشريعات الخاصة بحماية البيئة من التلوث . ونتيجة لذلك فإن منطقة الحدود هذه شاملة نهر ريو جراندي تعتبر من أكثر المناطق تلوثا فى أمريكا الشمالية ولتلافى كارثة بيئية يجب على الدول المتقدمة أن تقدم التكنولوجيا وتمد يد المساعدة للدول الفقيرة للحفاظ على هذا العالم الذى يحاصره التلوث.

أيضا نشأت جمعيات أهليه على المستوى القومى والعالمى لمكافحة التلوث وكثير من هذه الجمعيات تمد للناس بالمعلومات الخاصة بالتلوث . فمثلا شبكة المبيدات تقدم معلومات عن تأثير المبيدات على الفلاحين . ايضاً يوجد بعض الجمعيات للقضائية المنظمة تنظيماً جيداً تقوم بالدفاع عن حقوق البيئة مثل grass roots environmental justice movement . أما جمعية السلام الأخضر العالمية Green peace international فهي جمعية نشطة هدفها جذب الأنظار للحكومات والصناعات التى تلوث البيئة من تربه وبحار وهواء بالنفايات السامة أو الصلبة .

كذلك جمعية أصدقاء الأرض العالمية Friends of the Earth Inter هى عبارة عن اتحاد بين جمعيات مختلفة على مستوى العالم تعمل على محاربة التلوث فى جميع أنحاء الأرض .

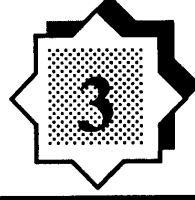
## مراجع الفصل الثاني

- 1- Brimblecombe, P (1986). Air : Composition and Chemistry. Cambridge : Cambridge Univ. Press.
- 2- Drever, J. (1988). The Geochemistry of Natural waters, 2<sup>nd</sup> edn. Englewood Cliffs, N J : Prentice Hall.
- 3- Engelking, P. 2000. "Pollution". Microsoft ( R) Encarta (R) Olin Encyclopedia 2000. [http: //encarta. msn.com](http://encarta.msn.com) ©.
- 4- Harrison R.M. (1992). Understand our Environment : An Introduction to Environmental Chemistry & Pollution, Cambridge : Royal Society of Chemistry.
- 5- Harrison, R. M and S. J. de Mora (1995). Introductory chemistry for the environmental sciences. Cambridge, Cambridge Univ. Press.
- 6- Hassett, J.J., and Banwart, W. L. (1992). Soils and their environment. Prentice-Hall, Engle-wood cliffs, N.J.
- 7- Ramanathan V., R.J., Cicerone, H.B. Singh and J. T. Kiehl (1985). Trace gas trends and their potential role in climate change. J. Geophysical Researols 90D, 45547-66.
- 8- Stolarski R. (1988). The Antarctic ozone hole, Sci Am 258, 20 – 60.



## تلوث الهواء

- ❖ مصادر تلوث الهواء
- ❖ ملوثات الغلاف الجوي
- ❖ تأثير تلوث الهواء على البيئة



## تلوث الهواء

### Air Pollution

يتكون الهواء الجوى الطبيعى من 78% غاز نيتروجين ، 20% غاز أوكسجين ، 1% غاز نيتروجين ، 0.02% ثانى أكسيد الكربون بالإضافة إلى كميات ضئيلة من غازات الميتون والهليوم والكر ينون ويمكن اعتبار الهواء ملوثا اذا احتل هذا التركيب أو دخلت غازات أو جسيمات غريبة للهواء الجوى ولقد أصبح تلوث الهواء مشكلة ملحه فى أعقاب التطور الصناعى الهائل فى القرنين التاسع عشر والعشرين .

ويعتبر تلوث الهواء أكثر صور التلوث البيئى انتشارا نظرا لسهولة انتقاله من منطقة إلى أخرى فى فترة زمنية وجيزه . ويؤثر تلوث الهواء على الإنسان بإصابته بأمراض كثيرة تؤدي إلى إنخفاض قدرته الإنتاجية كما قد تؤدي إلى وفاته . وبين الكوارث التى يسببها تلوث الهواء الكارثة التى حدثت فى بلجيكا 1930 نتيجة وجود نسبه مرتفعة من ثانى أكسيد الكبريت مقترنه بالضباب الدخانى وايضا الكارثة التى حدثت فى مدينة دونورا Donora بولاية بنسلفانيا فى الولايات المتحدة الأمريكية وأدت إلى وفاة 19 شخصا ومرض آلاف السكان نتيجة الدخان الناجم من صناعة الصلب سنه

1948 . أما كارثة لندن عام 1952 فهي من العلامات البارزة فى تاريخ حوادث الضباب الدخانى والتي أدت إلى قتل حوالى أربعة آلاف شخص .

### مصادر تلوث الهواء

#### (i) مصادر طبيعية :

وهى المصادر الطبيعية التى لا دخل للإنسان فيها مثل الغازات التى تنبعث من البراكين والغازات الطبيعية التى تتكون فى الهواء وغاز الأوزون المنتج طبيعياً أو الغبار .

#### (ii) مصادر بشرية :

وهى مصادر تنتج نتيجة للنشاط الإنسانى مثل الملوثات الصناعية والغازات الناجمة عن الاحتراق غير الكامل للوقود بأنواعه كالفحم والخشب وغيرهما . وهذه المصادر زادت بشكل ملحوظ بعد الثورة الصناعية ويضيف النشاط الإنسانى غازات ومواد كثيرة إلى النظام البيئى الأمر الذى يؤدى إلى بلوغ الحد الحرج وبالتالي تدهور القدرة الإستيعابية لعناصر النظام (جدول رقم 1-3) .

جدول رقم (1-3) : نسبة ما تسببه الأنشطة البشرية والعوامل الطبيعية من تلوث للهواء

ملوثات الهواء	الأنشطة البشرية	العوامل الطبيعية
ثانى أكسيد الكبريت	(احتراق) 70 %	30 %
أول أكسيد الكربون	(سيارات) 60 %	400 %
ثانى أكسيد الكربون	20 %	80 %
أكاسيد نيتروجين	5 %	95 %
غبار ودخان	20 %	80 %
أمونيا	40 %	60 %

## ملوثات الغلاف الجوى

## أ. ثانى أكسيد الكبريت

ينتج أكثر من 80 % من ثانى أكسيد الكبريت فى الهواء من احتراق الوقود المحتوى على كبريت مثل الفحم والبتروول ووقود السيارات وكذلك نتيجة صهر واستخلاص الفلزات وتكرير البتروول . ومن المعروف أن الفحم والبتروول يحتوى على حوالى 2 % كبريت من وزن الوقود وتقدر كمية غاز ثانى أكسيد الكبريت الناتجة من حرق الوقود فى الولايات المتحدة بنحو 50 مليون طن سنوياً . واتضح أخيراً أن غاز ثانى أكسيد الكبريت وبعض أكاسيد النيتروجين والفوسفور هى المسئولة عن تكوين الأمطار الحمضية acid rain.

ويؤثر ثانى أكسيد الكبريت تأثير ضار على صحة الإنسان إذا زاد تركيزه فى الهواء عن الحد المسموح به 3 - 10 ppm حيث يؤدى إلى تهيج الأغشية المخاطية للجهاز التنفسى ويهيج العينين ويتلف الطبقة الخارجية للأنسان ويعمل على زيادة الإصابه بحالات الربو والزكام المزمن وضيق التنفس .

## ب. الهيدروكربونات

تنتج المواد الهيدروكربونية عند الاحتراق غير الكامل فى المصانع وحركات السيارات خاصة داخل المدن نتيجة عدم ثبات السرعة مما يترتب على ذلك عدم احتراق كامل للوقود وخروج كمية كبيره من الهيدروكربونات

من العادم . وفى وجود أشعة الشمس فوق البنفسجية تتحد الهيدروكربونات مع أكاسيد النيتروجين فى وجود الأكسجين الجوى ويتكون عدد من الغازات الغريبة التى تسبب حدوث الضباب الأسود فى كثير من المدن وما يترتب على ذلك من حدوث مضاعفات على الجهاز التنفسى والقلب كما أن الهيدروكربونات قد تسبب السرطان .

#### ج. أول أكسيد الكربون

غاز سام عديم الرائحة يقضى على الحياة فى دقائق معدودة وينتج من احتراق الوقود فى وسائل النقل والتسخين والتدفئة المنزلية وإذا ارتفعت نسبته فى الجو إلى 80 ppm فإن قدرة الدورة الدموية للإنسان على نقل الأكسجين تقل بنسبة 15 % وتؤكد الإحصائيات موت حوالى 1000 شخص سنوياً فى الولايات المتحدة نتيجة تنفس أول أكسيد الكربون . وقد ثبت أن 83% من أول أكسيد الكربون المنبعث فى المدن يأتي من عوادم السيارات .

د. الدخان

يعتبر دخان المصانع أهم عوامل تكوين ظاهرة الدخان وأيضاً تآكل الملايين من إطارات السيارات سنوياً بسبب آلاف الأطنان من الجزيئات الصغيرة الميكروسكوبية العالقة فى الجو وقد تتحد الغازات مع المواد العضوية وتعطى سحب كثيف من الدخان . وزيادة الدخان فى الهواء الجوى يعمل على خفض الرؤية إلى 40 % خلال النهار الأمر الذى يزيد من حوادث الطرق كما يؤدي إلى التهاب بالعيون والأنف ودرن الرئة وانتفاخها .

### هـ . ثانى أكسيد الكربون

ارتفع تركيز  $\text{CO}_2$  فى طبقات الجو العليا من 270 ppm قبل الثورة الصناعية إلى حوالى 350 ppm عام 1980 نتيجة زيادة عدد السيارات والطائرات فالطائرة الواحدة تحرق 35 طن أوكسجين فى رحله واحدة عبر الأطلنطى ومساهمة الفرد فى البلاد المتقدمه تصل حوالى 18 طن من ثانى أكسيد الكربون للغلاف الجوى ويؤدى ارتفاع نسبة ثانى اكسيد الكربون فى الجو إلى الاختناق ومشاكل صحيه كثيرة .

### و . الغبار

يحتوى الغبار على حبيبات ترابيه ورمليه دقيقه بعضها ناتج من تعريبه التربه وبعضها ناتج من نشاط الإنسان كما يحتوى على بعض المواد الأخرى مثل حبوب اللقاح والعناصر الثقيله ويلعب الغبار دورا بارزا فى هطول الأمطار وفى القاهره يزيد تركيز الجسيمات العالقه فى الجو من الحد المسموح به دوليا وهو  $150-230 \text{ mg/m}^3$  ويبلغ تركيزها فى منطقة شبرا أكثر من  $10 \text{ g/m}^3$  كثير من الصناعات تساهم فى الغبار الجوى مثل صناعة الأسمنت حيث يصل من مصانع بورتلاند حوالى 200 طن يوميا كذلك تساهم عمليات الرش بالمبيدات بالطائرات إلى تلوث الجو بهذه المبيدات مما يؤثر على الانسان والحيوان ايضا إطارات السيارات وتآكلها تعد مصدر كبير من مصادر الغبار .

وتحتوى ذرات الغبار على كثير من العناصر الثقيله مثل الزئبق الناتج

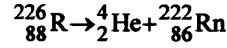


من مصانع البطاريات الجافة ، الكروم الناتج من أقسام الطلاء بالمصانع ، الرصاص الناتج من احتراق الجازولين المضاف إليه الرصاص وكذلك الزرنيخ والكاديوم وخطر الغبار على صحة الانسان يزيد كلما صغرت حبيباته حيث يسبب مرض الربو الشعبي والحساسية وتليف الرئتين .

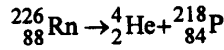
#### ز. الرادون Radon

اكتشف كلا من ماري وبيركوري أن تلامس الهواء مع مركبات الراديوم يجعله نشط إشعاعيا وقام رزفورد Rutherford وآخرون بعزل مادة مشعة من الهواء في بعض المناطق واتضح أن هذه المادة هي عبارة عن نظير مشع لأحد الغازات النبيلة وهو الرادون (Rn) .

ومن المعروف أن الرادون ينتج من تحلل اللحظي للراديوم (Ra) :



ويتواجد الراديوم بكميات صغيرة جدا في الأتربة والصخور في بعض المناطق وينتج عن تحلل الراديوم انبعاث الرادون إلى الهواء الجوي المحيط بالتربة كما يمكن أن ينبعث غاز الرادون من الأتربة التي تحتوى على قدر ضئيل جدا من اليورانيوم فإذا ما تم بناء منازل على الأراضي التي تحتوى عنصر الراديوم فإن غاز الرادون سوف يتكون في التربة ويتصاعد إلى المنازل . والمشكلة لا تكمن في غاز الرادون نفسه لأنه غاز خامل كيميائيا وإنما المشكلة هو أن الرادون يتحلل إلى بلوتونيوم كما يلي :



وكما هو واضح فإن البلوتونيوم نظير مشع له فترة نصف عمر طويلة كما أنه من العناصر الثقيلة غير المتطايرة التي يمكن أن تدخل إلى الرئة عن طريق الاستنشاق وتلتصق بها لفترة طويلة وتصبح مصدرا للإشعاع داخل الجسم نفسه ولذلك يتم اختبار مواقع البناء في الولايات المتحدة الأمريكية بالنسبة لغاز الرادون قبل السماح ببناء منازل أو غيرها .

### تأثير تلوث الهواء على البيئة

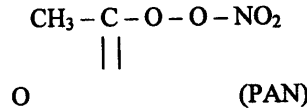
#### ١. الضباب الدخاني الكيموضوي Photochemical Smog

الضباب الدخاني الكيموضوي هو عبارة عن خليط من الملوثات ينتج من تفاعل الهيدروكربونات مع أكاسيد النيتروجين في ضوء الشمس ينتج عنه نواتج ثانوية سامة .

والنواتج الرئيسية للضباب الدخاني هي :

(i) الأوزون ozone ويتكون بتركيزات تصل إلى 0.4 ppm وهذا التركيز يعتبر سام للإنسان والنبات .

(ii) نترات بيروكسي أسيل peroxyacyl nitrates وأهم مركب يتبع هذه المجموعة هو نترات بيروكسي أسيتيل peroxyacetyl nitrate (PAN) ويتكون بتركيزات تصل إلى 0.05 ppm .

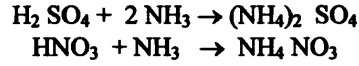


ولم تثبت سمية هذا المركب للإنسان ولكنه سام للنبات

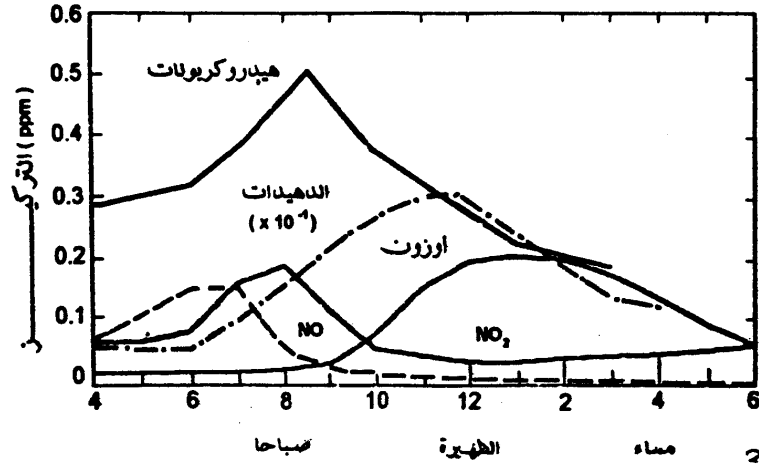
(iii) الألدهيدات aldehydes ومثال ذلك الفورمالدهيد (HCHO) ، أستيلالدهيد (CH<sub>3</sub> CHO) ، acrolein (CH<sub>2</sub> = CH - CHO) وهذه المركبات ذات رائحة وتسبب تهيج العيون .

(iv) نترات الكيل مثل نترات ميثيل methyl nitrate (CH<sub>3</sub> ONO<sub>2</sub>) .

(v) الإيروسولات aerosol هو المسئول عن خفض الرؤية فى الضباب الدخانى والإيروسول هو عبارة عن كبريتات أمونيوم (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> ، نترات أمونيوم NH<sub>4</sub> NO<sub>3</sub> وهذه المركبات تتكون نتيجة معادلة حمض الكبريتيك ، حمض النيتريك بالأمونيا التى تنطلق إلى الهواء الجوى نتيجة تحلل بول الحيوانات ويتكون حمض الكبريتيك وحمض الستريك من تفاعلات كيميائية ضوئية



ويوضح الشكل رقم (1-3) الملوثات الموجودة فى الضباب الدخانى فى أوقات مختلفة .



شكل (1-3): الملوثات الرئيسية في الضباب الدخاني الكيميائي في أوقات مختلفة من اليوم

ويبدأ تكون الضباب الدخاني عن طريق تكون ذرة الأكسجين نتيجة التحلل الضوئي لثاني أكسيد النيتروجين .

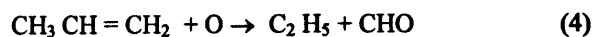


وانفراد ذرة الأكسجين في التفاعل السابق يؤدي إلى تكون الأوزون.

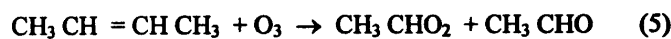


ويجب التنويه عن وجود ذرات أكسجين ذات قوة تفاعلية عالية مع الأوزون باستمرار وبتركيزات منخفضة ولذلك يحدث تفاعلات بينها وبين الهيدروكربونات .

ويهاجم ذرة الأكسجين البروبين (Alkens) وينتج :



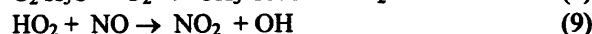
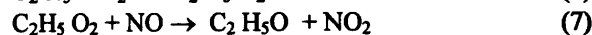
كما يمكن أن يهاجم الأوزون مركب butene منتجا استيالايد



بيوتين

استيالايد

ويمكن لسلسلة من التفاعلات أن تستمر كما يلي :



ويلاحظ أن كلا من التفاعلين (7) ، (9) تم فيهم تحول NO إلى NO<sub>2</sub>

بدون أى استهلاك للأوزون ونلاحظ أيضا أن التحلل الضوئي لثاني أكسيد

النيتروجين NO<sub>2</sub> متبوعا بالتفاعل (2) يؤدي إلى تكوين الأوزون وعلى ذلك

نجد أنه إذا حافظ كلا من التفاعلين (7) ، (9) على تركيز NO صغيرا فإن

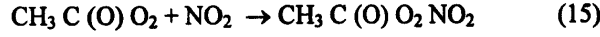
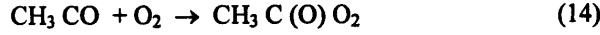
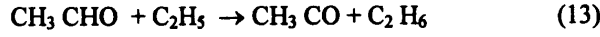
التفاعل رقم (3) يصبح غير ذا قيمة وبالتالي يحدث تجمع للأوزون .

أول أكسيد الكربون فى الحقيقة يزيد من سرعة تكون الضباب الدخاني

وذلك عن طريق سلسلة من التفاعلات وذلك بدون استهلاك الأوزون .



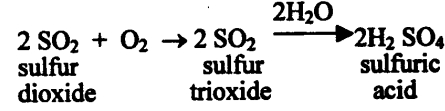
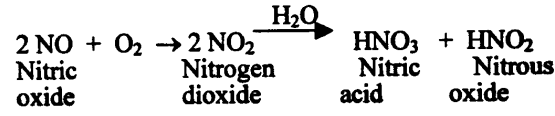
وأيضا نتيجة للتفاعلات التالية يمكن أن يتكون (PAN) peroxyacetyl nitrate .



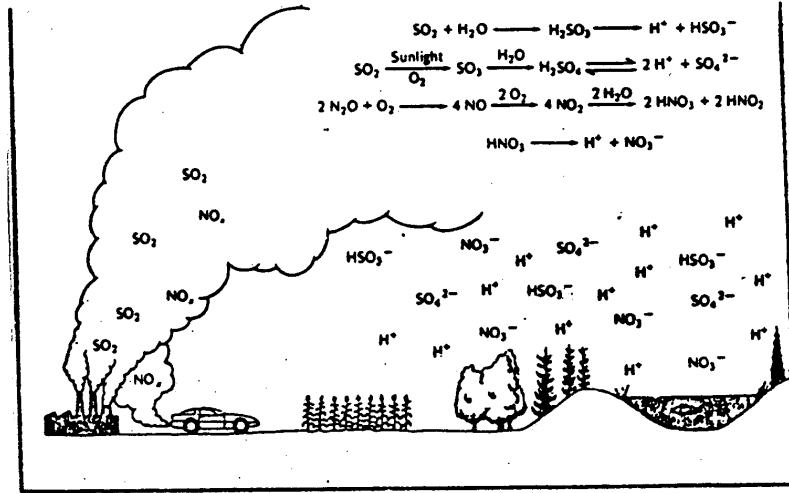
ولوحظ تكون الضباب الدخاني في أوروبا الغربية والولايات المتحدة الأمريكية متخذاً أشكال عديدة وهو غالباً ما يغطي مساحات كبيرة تصل إلى آلاف الكيلو مترات ويمكن للضباب الدخاني أن يتكون في غضون ساعات من حقن الملوثات (الهيدروكربونات وأكاسيد النيتروجين) وينتقل إلى مسافات كبيرة

## ٢. المطر الحمضي

لفت العلماء في أوروبا وأمريكا نظر العالم إلى زيادة حموضة الأمطار في السنوات الأخيرة . فالرقم الهيدروجيني للأمطار في المناطق غير الملوثة هوائياً هو ٥,٦ وذلك لتكون حمض الكربونيك من ثنائي أكسيد الكربون الجوي . ولكن تلوث الهواء بالنيتروجين والغازات المحملة بالكبريت المتصاعدة من المصانع ومحطات الكهرباء أدى إلى خفض pH الأمطار في هذه المناطق إلى 4 أي أن تلوث الهواء بالغازات أدى إلى زيادة حموضة الأمطار ولذلك يطلق عليه المطر الحمضي Acid Rain والمطر الحمضي هو ناتج أكسدة الغازات المحملة بالنيتروجين والكبريت وذوبان ناتج الأكسدة في بخار الماء الجوي لينتج حمض النيتريك والكبريتيك كما في التفاعلات التالية :



والشكل (2-3) يوضح كيفية إنتقال أكاسيد النيتروجين والكبريت للهواء الجوى وتحولها إلى أحماض غير عضوية ثم عودتها ثانية إلى التربة فى صورة أمطار وهذه الدورة هى المسئولة عن حموضة pH الأمطار فى الشمال الشرقى للولايات المتحدة وشرق كندا .



شكل(2-3) : يوضح كيفية تكون المطر الحمضى

## تأثير المطر الحمضي

يعتقد بعض العلماء أن المطر الحمضي هو السبب في زيادة حموضة مياه بعض البحيرات وحيث أن الأسماك لا تتحمل درجات الـ pH المنخفضة (4.5) فالنتيجة هو تناقص أعداد الأسماك في هذه البحيرات والحقيقة أن تأثير المطر الحمضي على المياه أكبر من تأثيره على التربة وذلك للقوة التنظيمية Buffering capacity لها ولكن استمرار تساقط الأمطار الحمضية بدرجة كبيرة سوف يكون له تأثير معنوي على pH التربة وبالتالي خصوبتها خاصة في التربة الحامضية .

ويمكن الحد من تأثير المطر الحمضي عن طريق :

١. خفض كميات الغازات الحاملة للنيتروجين والكبريت والمتصاعدة من المصانع ومحطات الكهرباء .

٢. إضافة كربونات الكالسيوم Lime إلى التربة الحمضية .

وربما استخدام الطريقتين معا يكون أفضل الحلول للحد من الأثر الناشئ عن المطر الحمضي .

## ٣. تأثير الصوبة Greenhouse effect

يطلق تعبير تأثير الصوبة Greenhouse effect على الظاهرة التي تؤدي إلى رفع درجة حرارة الأرض Earth وسبب هذه الظاهرة هو انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون والغازات المسماة بغازات



الصوبة ( CH<sub>4</sub> , N<sub>2</sub>O and . Greenhouse gases Chlorofluorocarbons) من سطح الأرض إلى طبقات الجو العليا حيث تمتص هذه الغازات طاقة الإشعاع الشمسى وتعود ثانية إلى الأرض فى صورة إشعاع حرارى مما يؤدى إلى زيادة درجة حرارة الكرة الأرضية . أى أن هذه الغازات تعمل عمل الزجاج فى الصوبة الزجاجية . وفى السنوات الأخيرة ونتيجة للثورة للصناعية الهائلة نجد أن غازات الصوبة قد زادت فى الجو بدرجة كبيرة ومثال ذلك :

( أ ) تزايد تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى طبقات الجو العليا من 280 جزء فى المليون إلى 350 جزء فى المليون خلال الثلاثين سنة الأخيرة.

( ب ) زيادة Nitrous oxide N<sub>2</sub>O حوالى 25% نتيجة لإحتراق الفحم والبترول والممارسات الزراعية وحيث ينطلق N<sub>2</sub>O بكميات كبيرة خلال عملية عكس النترته Denitrification نتيجة التسميد النترائى الزائد .

( ج ) تضاعف تركيز الميثان CH<sub>4</sub> فى طبقات الجو العليا فى المائة سنة الأخيرة وكما هو معروف فإن التربة تعتبر مصدر للميثان وخاصة الأتربة القديمة.

( د ) زيادة إستعمال الإيروسولات أدى إلى إرتفاع تركيز غازات Chlorofluorocarbons .

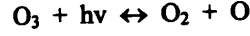
وزيادة غازات الصوبة وما يتبعه من إرتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية له تأثير خطير ليس فقط على القطب الجليدي ولكن أيضا على أماكن أخرى كثيرة قد تتحول فيها الأتربة المنتجة إلى أراضي صحراوية نتيجة تغير المناخ .

#### ٤. تدمير طبقة الأوزون Destruction of the Ozone Shield

الأوزون هو صورة من صور الأكسجين رمزه العام  $O_3$  وهو غاز أزرق اللون ذو رائحة مميزة وأشتق لفظ الأوزون من التعبير اليوناني "Ozein" ومعناه يشم "to smell" ويتكون الأوزون عادة نتيجة التفاعلات الضوئية أو الصواعق الكهربائية ويعتبر الأوزون مادة مؤكسدة أقوى من الأكسجين العادي ( $O_2$ ) وله مقدرة كبيرة على أكسدة المواد العضوية في الجو والأوزون هو المكون الطبيعي لطبقة ستراتوسفير Stratosphere ويوجد على بعد حوالي 24 كم من سطح الكرة الأرضية على هيئة سحابة يطلق عليها طبقة الأوزون وتعمل كدرع يحمي الأرض من الإشعاعات الشمسية الضارة . وفي الظروف العادية يحدث تدمير للأوزون ويعاد تكوينه للحفاظ على التوازن الكيميائي للضوء في طبقة Stratosphere وتدمير الأوزون طبيعيا يتم عن طريق تفاعل  $O_3$  مع مجاميع الهيدروكسيل الموجودة في بخار الماء في طبقة Stratosphere ويمكن تمثيل هذه العملية كالتالي (Moore and Moore, 1976) :



وتتبع الأهمية للبيوكيميائية لطبقة الأوزون من مقدرتها على إمتصاص الأشعة فوق البنفسجية عند طول موجة بين 240-360 nm وينتج عن هذا الإمتصاص تفاعل كيميائي ضوئي يؤدي إلى تحلل جزيء الأوزون إلى أكسجين عادي كالآتي :



ويعتبر التفاعل السابق في الظروف العادية تفاعل إتزان يعنى إمكانية تفاعل الأكسجين  $O_2$  مع O ليتكون الأوزون ثانية ،  $hv$  هي طاقة الأشعة فوق البنفسجية التي تستخدم في تحلل الأوزون . وبهذه الطريقة نجد أن الأشعة فوق البنفسجية المنبعثة من الشمس تمنع من الوصول إلى سطح الكرة الأرضية . وتتميز الأشعة فوق البنفسجية بمقدرتها على تدمير العديد من المركبات العضوية ووصولها إلى سطح الكرة الأرضية يعنى تدمير صور الحياة عليها كما أن سرطان الجلد في الإنسان يرتبط بالتعرض لهذه الأشعة .

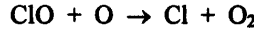
ولما كان الأوزون يتفاعل بسرعة مع المركبات العضوية فإن وصول هذه المركبات في الهواء سوف يؤدي إلى تلف التوازن الكيميائي الضوئي الهام في عملية تحلل وتكوين الأوزون .

وإحتراق الوقود وأكسدة المركبات العضوية على سطح الكرة الأرضية ينتج عنه  $CO_2$  ،  $H_2O$  ويتحلل الماء إلى أيون  $OH^-$  الذي بدوره يعمل على

سرعة تحلل الأوزون. والغازات الأخرى المسؤولة عن تحلل الأوزون هي  $\text{CH}_3$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$  وغاز الفريون  $\text{CFCl}_3$  وغازات Chlorofluorocarbons المستخدمة في التبريد والإيروسولات Aerosols . وتحليل الأوزون بواسطة هذه الغازات يمكن توضيحه بالمعادلات الآتية :



From freon



وبلاحظ في المعادلات السابقة أن  $\text{ClO}$  المستخدم في تحلل الأوزون ينتج عنه  $\text{Cl}$  ثانية مما يؤدي إلى تكرار هذه العملية حتى يتحول كل الأوزون الموجود إلى  $\text{O}_2$ ,  $\text{O}$  علما بأن تصوير تدمير طبقة الأوزون بهذه الطريقة الهدف منها التبسيط لسهولة الفهم ولكن حدوث ثقب في طبقة الأوزون هو عملية غاية في التعقيد ولا يتسع المجال لسردها هنا .

وخلاصة القول أن استمرار تلوث الهواء بالغازات الناجمة عن الصناعة ووسائل النقل يمكن أن يؤثر سلباً على طبقة الأوزون ويؤدي إلى عواقب وخيمة على أشكال الحياة على سطح الكرة الأرضية ونتيجة لذلك فإن الكثير من الهيئات العالمية تعمل جاهدة لإيجاد الحلول المناسبة لهذه المشكلة العالمية وترأسها هيئة الأمم المتحدة ففي شهر سبتمبر عام 1987 عقد مؤتمر علمي في مونتريال بكندا لتنظيم استخدام مواد الكلوروفلوروكربون التي تؤثر على طبقة الأوزون ووضع التشريعات اللازمة للحد من استعمال هذه المواد . وفي شهر أغسطس عام 1989 عقد مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة في مدينة

نيروبي بكينيا لبحث الأضرار الفادحة التي نشأت عن تدمير طبقة الأوزون ويوجد حاليا أربع مراكز في جنيف ، نيروبي ، بانكوك ، أرتدال بالنرويج تقوم بعمليات الرصد لكافة الجهات البحثية للأستعانة بها في مقاومة عوامل التلوث .

### مراجع العمل الثالث

- Brimblecombe, P (1986). Air: Composition and Chemistry. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Harrison, R.M. and S.J. de Mora (1995). Introductory chemistry for the environmental sciences, Cambridge, Cambridge Univ. press.
- Stolarski R. (1988). The Antarctic Ozone Hole, Sci. Am 258, 20-60.
- WHO, (1999). Monitoring Ambient Air Quality for Health Impact Assessment, WHO Regional Publications, European Service, No 85.

### مواقع الإنترنت

[http: // www.eea.eu.int](http://www.eea.eu.int).

[http: // www.unece.org/env/Irtap](http://www.unece.org/env/Irtap).

[http: // www.emep.int/index.htm/](http://www.emep.int/index.htm/).

[http: // europa.eu.int/comm/environment/air/background.htm](http://europa.eu.int/comm/environment/air/background.htm).



## الماء النظيف

- ❖ النظم البيئية المائية
- ❖ جودة المياه وصحة الإنسان
- ❖ مشكلة التلوث
- ❖ التحكم في تلوث المياه
- ❖ أهداف ومعايير جودة المياه
- ❖ التنمية المستدامة



## الماء النظيف

### Clean Water

نحن غالباً ما نفكر فى الماء تبعاً لطريقة استخدامه . وبمعنى آخر هل صفات المياه تعتبر جيدة من أجل استخدام معين أم لا ؟. فالماء المستخدم في ري المزروعات يمكن أن يكون جيداً وصالحاً لرى المزروعات ولكنه قد لا يكون صالحاً للشرب لذا فإن صفات وجودة المياه هي التي تحدد طريقة ونوعية استخدامه .

تقدر جودة المياه عن طريق معرفة نوع وكمية المواد الذائبة والمعلقة فى الماء وتأثير ذلك على الكائنات الحية في البيئة وبتحديد أكثر فإن تركيز هذه المواد هي التي تحدد نوعية الماء وصلاحيته للاستخدام المحدد . فمياه الشرب مثلاً لها معايير محددة صارمة يجب اتباعها لحماية صحة الإنسان وعدم اتباع هذه المعايير يؤدي حتماً إلى كثير من المشاكل الصحية . ولقد أتضح أن الماء الملوث يسبب حوالي 30,000 حالة وفاة يومياً على مستوى العالم وهو ما يعادل تحطم مائة طائرة جامبو بركابها يومياً .



والماء هو شريان الحياة فهو ضروري لمعيشة جميع الكائنات الحية شاملة النبات والحيوان والإنسان ولا بد أن نفعل ما بوسعنا للحفاظ على جودة المياه في الحاضر والمستقبل . ولذلك فإن من الغريب والمؤسف حقاً أننا نتخلص من مخلفات الإنسان والحيوان والمواد الكيميائية بإلقائها في الماء بمعدل يعجز عن تحمله أكبر الأنهار والبحيرات فعلى سبيل المثال فإن البحيرات العظمى بكندا ونهر النيل بمصر ونهر سان لورانس يعانون من مشاكل تلوث خطيرة تجعل هذه البحيرات والأنهار عاجزة عن تجديد مياهها بما يسمح بالحفاظ على الحياة بها .

#### البحيرات العظمى

تم التعرف على أكثر من 360 مركب كيميائي في مياه البحيرات العظمى وكثير من هذه المواد الكيميائية تعتبر سامة للإنسان (DDT زيتق- رصاص benzo (a) pyrene) وأثرت سلباً على النظام البيئي للمائي فعلى سبيل المثال إصابة أنواع كثيرة من السمك بأورم وتدهور قدرتها الإنتاجية . كما تناقصت أعداد الأسماك التي تتغذى على الطيور بدرجة كبيرة .

وبحصر الأسماك ذات الأنواع النادرة وتقدر بعشرة أنواع أتضح اختفاء سبعة أنواع منها اختفاء تاماً .

ما الذي يحدد جودة المياه ؟

الماء الموجود فى الأنهار والبحيرات غير الملوثة لا يكون نقيا تماما . فالمياه حتى المقطرة منها تحتوى على العديد من المواد الطبيعية مثل أملاح البيكربونات ، الكبريتات ، الصوديوم ، الكلوريد ، الكالسيوم ، المغنيسيوم ، البوتاسيوم ذائبة فى الماء وهذه الأملاح تصل إلى المياه السطحية والجوفية عن طريق :

- التكوينات الجيولوجية وتطور الأراضي .
- النباتات المحيطة والغابات .
- مياه الأمطار ومياه الجريان السطحي .
- العمليات البيولوجية والفيزيائية والكيميائية فى المياه .
- النشاط الإنسانى فى المنطقة .

جدول(1-4) : الأملاح الكلية الذائبة فى المياه المتنوعة

نوع الماء	المحتوى التقريبي للمواد الذائبة (جزء فى المليون)
مياه الأمطار	100-50
مياه الأنهار	100-50
المياه الجوفية	3000-2000
مياه متوسطة الملوحة	10000-3000
مياه البحار	50000-700

**النظم البيئية المائية Aquatic ecosystems**

فى الطبيعة لا يوجد شئ قائم بذاته بل فى الواقع فإن الكائنات الحية ترتبط بعلاقات وثيقة مع مكونات البيئة غير الحية وهذه العلاقة المعقدة هي ما يطلق عليها بالنظام البيئي ecosystem فالمسطح المائي مثلا يعتبر نظام بيئي متوازن يكون فى حالة تفاعل مستمر مع الأشياء المحيطة مثل الهواء والتربة وما يحدث على الأرض وفى الهواء يؤثر بالقطع فى الماء . وعند دخول بعض المواد إلى النهر أو البحيرة فإن الماء يستطيع تنظيف نفسه بيولوجيا ولكن إلى حد معين فقط فالماء سواء فى بحيرة أو بحر أو نهر أو حتى محيط له قدرة محدودة فى احتواء وامتصاص الملوثات وبعده يصل إلى الحد الذي فيه يفقد المقدرة على تنظيف ذاته .

### كيف يمكن للماء أن ينظف ذاته تلقائياً ؟

يتم تنقية الماء ذاتياً بواسطة الفعل الطبيعي للكائنات الحية فيه . فالطاقة المكتسبة من أشعة الشمس تعمل على تنشيط عمليات التمثيل الضوئي في النباتات البحرية التي تؤدي إلى إنتاج الأكسجين الذي يعمل على تكسير وتحلل بعض المواد العضوية مثل مخلفات النبات والحيوان . وهذا التحلل ينتج عنه ثاني أكسيد الكربون وبعض العناصر الغذائية والمواد الأخرى التي تحتاجها النباتات والحيوانات التي تعيش في الماء . ودورة التنقية هذه تستمر عند موت هذه الكائنات الحية وتبدأ البكتيريا في تحليلها وبالتالي تمد الجيل الجديد النامي باحتياجاته ولسوء الحظ يوجد الكثير من المواد السامة التي تتأثر ببطء أو لا تتأثر على الإطلاق بعمليات التحلل . وهذه المواد هي التي يطلق عليها بالمواد المقاومة للتحلل والتي تؤدي بدرجة كبيرة إلى تلوث الماء وبالتالي البيئة .

### كيفية تقدير جودة المياه

للتعرف على المواد الموجودة في مياه بحيرة مثلاً يتم جمع عينات من مياه هذه البحيرة وكذلك الكائنات الحية والرواسب المعلقة وكذلك عينات من رواسب قاع البحيرة . ثم يتم إجراء تحليلات على هذه العينات باستخدام

العديد من الأجهزة المتقدمة التي يمكنها تقدير العديد من المواد الموجودة في المياه بدقة متناهية تصل إلى حوالي جزء في ألف مليون جزء وهو ما يعادل ١/١٠٠٠ ملء ملعقة شاي من الملح ذائب في حمام سباحة ذو حجم أولمبي.

#### جودة المياه وصحة الإنسان

الأمراض المرتبطة بالماء تشمل التيفويد والكوليرا والدوسنتاريا ونتيجة لإتباع معالجة مياه الصرف الصحي وإتباع المعايير الخاصة بجودة مياه الشرب بالإضافة إلى التوعية الصحية للمواطنين والتعليم فإن الأمراض المرتبطة بالمياه انخفضت بشكل واضح في كثير من البلدان المتقدمة ( كندا- الولايات المتحدة الأمريكية - أوروبا) بينما نجد في الدول النامية حوالي ٨٠% من الأمراض هي عبارة عن أمراض مرتبطة بتلوث المياه , وهذا يؤكد ضرورة الحاجة إلى إتباع التعليمات الخاصة بجودة مياه الشرب بدون تهاون وأيضا العمل على تحسين وتطوير طرق معالجة المياه.

وتعد المواد الكيميائية السامة التي تنخل المياه من المصادر المختلفة سواء زراعية أو صناعية أو مياه الصرف الصحي من الأمور الخطيرة التي تسبب تلوث الماء وذلك لعدم معرفة تأثير هذه المواد تماما على صحة الإنسان في المدى القريب وإنما يكون على المدى البعيد . أيضا من الصعب التفرقة بين أثر هذه المواد والعوامل الأخرى التي تؤثر على صحة الإنسان مثل سوء التغذية ، العوامل النفسية ، جودة الهواء . لذا يجب أن نفعل ما بوسعنا لمنع تلوث المياه بهذه المواد الكيميائية السامة .

## حقائق عن جودة المياه

- 80% من الأمراض التي تصيب الإنسان في البلاد النامية هي أمراض مرتبطة بجودة المياه.
- حوالي 57% من الكنديين يستهلكون مياه الصرف الصحي المعالجة بالمقارنة بـ 74% من الأمريكيين ، 86,5% من الألمان ، 99% من السويديين .
- نقطة واحدة من زيت البترول كافية لجعل 25 لترا من المياه غير صالحة للشرب .
- جرام واحد من 2,4-D ( مبيد حشائش شائع الاستخدام في المنازل الأمريكية) كاف لتلوث 10 مليون لتر من مياه الشرب.
- جرام واحد من الرصاص (Pb) في 20,000 لتر من الماء يجعله غير صالح للشرب. علما بأن كثير من مواسير المياه في المنازل القديمة مصنوعة من الرصاص مما يؤدي إلى تلوث دائم للمياه بالرصاص .
- غاز الميثان يتصاعد من البرك التي يوجد بالقاع فيها حيوانات ونباتات ميتة وذلك نتيجة لتحلل هذه الكائنات .
- الكالسيوم والمغنيسيوم هما العنصران المسئولان عن عسر الماء وهما أيضا السبب في بعض أمراض القلب حيث وجد أن معدل الإصابة بهذه الأمراض يكون عالي في المناطق التي بها ماء يسر Soft Water .
- تواجد عنصر النحاس - أساسي لامتصاص الحديد وتكون العظم - ويتواجد في المياه الطبيعية بتركيز أعلى من 1mg/liter يجعل الماء غير صالح للشرب .

## مشكلة التلوث

من السهل التخلص من المخلفات وذلك بإلقائها في البحيرات أو الأنهار سواء ذلك بكميات صغيرة أو بكميات كبيرة . وهذه المخلفات بالقطع لن تختفي وإنما سوف يحملها التيار بعيدا وستظهر مرة أخرى في نهاية المجرى بشكل آخر أو مخففة . ولقد ذكرنا سابقا أن المياه العذبة لها القدرة على تحلل بعض المخلفات ولكن ذلك يكون بكميات صغيرة وليس بالكميات التي نشاهدها اليوم في مجتمعنا . وهذا الكم الهائل من النفايات التي تلقى في المياه هو ما نطلق عليه التلوث والذي نتيجته الإخلال بالتوازن البيئي .

وفي الأعم الأغلب فإن المجارى المائية في العالم قد تم تلويثها عن طريق المخلفات للزراعية والصناعية ومخلفات الصرف الصحي وهذا يشمل الكيماويات السامة التي من الصعب تحللها بواسطة العمليات الكيموحيوية الطبيعية وهذه المواد بالقطع يمكن أن تسبب أضرار كثيرة للكائنات الحية البحرية والإنسان .

### المواد الكيميائية السامة

يطلق على المجتمع الحالي بحق مجتمع المواد الكيميائية وذلك لأننا نستخدم مئات المواد الكيميائية في حياتنا اليومية في الغسيل ، الأكل ، تنظيف المنزل ، زراعة الحدائق واستخدام السيارات . وتقدر المواد الكيميائية المعروفة اليوم بحوالي 10 مليون مادة يستخدم منها بطريقة تجارية حوالي 100,000 مادة كيميائية . وهذه المواد الكيميائية السامة تجد طريقها إلى مجارينا المائية كمخلفات بعد استخدامها سواء في المنازل أو في الزراعة أو الصناعة وبالتالي تعمل على تغيير التركيب الكيميائي لهذه المياه ويكون ذلك عن طريق :

(١) تسرب المواد الكيماوية مع الماء خلال التربة وتصل إلى الماء الجوفي.

(٢) الجريان السطحي حيث يتم غسيل هذه المواد الكيميائية من الأراضي بواسطة مياه الأمطار أو الري وذهابها إلى المجارى المائية .

والمواد الكيميائية التي تصل إلى مجارى المائية يمكن أن تسبب العديد من المشاكل بالنسبة للطعم والرائحة واللون الخاصة بالماء بالإضافة إلى ما تسببه من مشاكل بالنسبة للأحياء المائية من حيث نقص الخصوبة والتشوهات الوراثية وتدمير النظام المناعي وزيادة نسبة النفوق في هذه الكائنات . العديد من المواد الكيميائية التي تدخل المجارى المائية حتى



ولو بنسب ضئيلة هي في الواقع سامة للإنسان والنبات والحيوان . فالمبيدات بأنواعها والفينولات الكلورية PCBs ، PCPs (Polychlorinated phenols) هي فقط أمثلة لذلك . وكما هو معروف فإن المبيدات تستخدم في الزراعة وفي المنازل وPCBs تستخدم في صناعة العوازل داخل المحولات الكهربائية . أيضا PCPs توجد في المواد الحافظة للأخشاب . وكون هذه المواد سامة وصعبة التحلل هي التي تجعلها من أشد المواد ضررا على البيئة.

#### تأثير التلوث

التلوث ليس دائما مرئيا . فالنهر أو البحيرة قد يبدو نظيفين بالرغم من تلوثهم . وفي المياه الجوفية - التي تعتمد عليها ملايين البشر كمصدر للمياه - نجد أن التلوث من الصعب حصرة كما أنه قد يأخذ سنوات ليظهر ويصبح واضحا .

وعندما يجعل التلوث المياه غير صالحة للشرب أو للزراعة أو للأغراض الترفيهية فهو عادة ما يقلص قدرة وفائدة البحيرات أو الأنهار ويعمل على تدمير الأحياء المائية وخفض قدرتها الإنتاجية وتدرجيا يؤثر بشكل سلبي على صحة الإنسان فالواقع أن أحدا لا يهرب من التأثير الضار لتلوث المياه .

## ملوثات المياه Water Pollutants

غير مقاومة لتحلل

- مياه الصرف الصحي .
- الأسمدة .
- بعض مخلفات الصناعة .

وهذه المركبات يمكن تكسيرها وتحللها بواسطة التفاعلات الكيميائية أو البكتريا الطبيعية إلى مواد بسيطة غير ملوثة مثل ثاني أكسيد الكربون والنيتروجين . وهذه العملية يمكن أن تؤدي إلى خفض مستوى الأكسجين وإلى زيادة مستوى العناصر الغذائية في المجرى المائي (eutrophication) وإذا كانت الكميات الملقاة في مجرى النهر غير كبيرة فإن الضرر في هذه الحالة يمكن التغلب عليه .

مقاومة للتحلل

- بعض المبيدات (مثل DDT ، dieldrin) .
  - بعض المخلفات الصناعية ومخلفات الصرف الصحي .
  - البترول ومشتقاته .
  - Polyaromatic hydrocarbons ، PAHs ، dioxins ، PCBs
  - المواد المشعة مثل 90-Strontium ، 137-Cesium ، 226-radium واليورانيوم .
  - بعض العناصر مثل Lead ، الزئبق والكالسيوم .
- وتلوث المياه بهذه المواد صعبة التحلل يضمن بقاء هذه المواد في مجارى

المياه لفترات طويلة جدا مما يسبب ضررا كبيرا لا يمكن إصلاحه وأن  
أمكن فيكون ذلك بعد عقود طويلة من السنين .

#### أخرى

- الماء الساخن من أبراج التبريد (التلوث الحراري) .
- القمامة .
- Foam .

والأمثلة السابقة في الواقع لا تمثل تلوثا كيميائيا بل تلوثا فيزيائيا  
physical pollution والذي يؤثر في الواقع في استخدام الماء أو الإقبال  
عليه وفي بعض الأحيان يؤدي التلوث الحراري إلى قتل الأسماك .

#### الملوثات الموجودة في الهواء airborne pollutants

يسبب النشاط الإنساني اليومي سواء في الزراعة أو الصناعة أو في  
المنازل إلى تصاعد كميات كبيرة من المواد الكيماوية إلى الجو . وهذه  
المواد بالتالي تنتشر في جميع البلدان بواسطة التيارات الهوائية التي ليس  
لها ضابط لانتقالها من بلد إلى بلد ولذلك فهذه الظاهرة يطلق عليها انتقال  
ملوثات الهواء طويلة المدى long-range transboundary air pollution  
(LRTAP) ومع الوقت فهذه الانبعاثات تعرض الإنسان والحياة البرية إلى  
كميات مختلفة ومتعددة من التلوث الهوائي والضرر الناتج من الصعب  
تقديره وذلك لحدوثه على مدى زمني طويل . وبعض المواد الكيماوية في

الجو قد تكون غير ضارة بعد تعرضها لأشعة الشمس ولكن البعض الأخرى يكون مقاوم للتحلل ويمكث في الهواء لمدة قد تصل إلى سنين . وهذه المواد يمكن أن تصل إلى المجارى المائية من خلال مياه الأمطار ويعتبر المطر الحمضي مثال لذلك فإنبعاثات ثاني أكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين تنشأ من مناجم الفحم أو عمليات التعدين أو تكرير البترول وصناعات الورق والحديد والصلب وكذلك عوادم السيارات وتتحول هذه الانبعاثات إلى أحماض الكبريتيك والنيتريك في الجو وتعود مرة ثانية إلى الأرض من خلال الأمطار.

ويؤدى المطر الحمضي إلى إلحاق الكثير من الأضرار لأنواع كثيرة من الأسماك والبكتريا الطبيعية والنباتات البحرية التي لا تتحمل درجات حموضة منخفضة وبالتالي يؤدى ذلك إلى انخفاض أعدادها بدرجة كبيرة مما يؤثر سلبا على السلسلة الغذائية .

#### التحكم في تلوث المياه Controlling Water Pollution

نظرا للدور الحيوي الهام الذي يلعبه الماء على الأرض فإن جودة المياه تعتبر مصدرا غاية في الأهمية حيث غالبا ما تكون النوعية أهم بكثير من كمية المياه لأن النوعية هي التي تحدد كيفية وطريقة استخدامه . ونتيجة الزيادة المطردة في أعداد السكان والنشاط الصناعي المكثف وتطور اكتشاف المواد الكيميائية واستخداماتها فإن البيئة المائية أصبحت بحق في خطر

وأصبحت العمليات الطبيعية التي تعمل على تحلل الملوثات في المياه العذبة غير قادرة على تحلل هذا الكم الهائل من الملوثات . لذلك فإن التخلص من مياه الصرف الصحي والصناعي في البحار والأنهار هو أمر غير مقبول على الإطلاق والتحكم في التلوث يتوقف على :

• نوع الملوث .

- هل هو قابل للتحلل ؟ مقاوما للتحلل ؟ معدن ؟ مبيد ؟ PCB? dioxin .

• المصدر .

زراعي - صناعي - الجو .

• التأثير .

- هل هو ضار بالأسماك ، الطيور ، النباتات ، الإنسان .

- النمو السريع للنباتات المائية Eutrophication

- زيادة كبيرة في زمن قصير

يتم تنشيط نمو النباتات المائية بدرجة كبيرة نتيجة للزيادة في تركيز العناصر الغذائية الأساسية مثل الفوسفور والنيتروجين في مياه المجارى المائية وهو ما يطلق عليها التخصيب eutrophication والذي يعد عملية طبيعية تعمل خلال العصور الجيولوجية على تحول البحيرة بمرور الزمن

إلى أراضى . هذه العملية يتم إسراعها بدرجة كبيرة نتيجة زيادة تركيز الفوسفور والنتروجين في مياه البحيرة (من التسميد مثلا) مما يؤدي بالتالي إلى نمو رهيب للنباتات الباقية وهذا بدوره يعمل على استهلاك الأكسجين الموجودة في البحيرة مما يؤدي في النهاية إلى اختناق الأسماك وموتها وكذلك تتخفض أعدادها وكفاءة ونشاط البكتريا بدرجة كبيرة وعند خفض تركيز الفوسفور والنتروجين فإن النظام يمكن أن يستعيد عافيته مرة أخرى .

ومثال ذلك بحيرة Erie التي عانت من ذلك في عام 1960 وأدى إلى موت الأسماك فيها وغمرت الطحالب النامية فيها والمتحللة الشواطئ لدرجة استخدام البلدزورات للتخلص منها والسبب الرئيسي في ذلك كان تلوث البحيرة بالفوسفور الناتج من المنظفات الصناعية المستخدمة في المنازل . ولذلك تم إصدار قانون يحدد نسبة الفوسفور في هذه المنظفات بحيث لا يزيد عن 15% مما كان يستخدم سابقا ولقد استعادت بحيرة إيري عافيتها وأصبحت مثالا جيدا للمياه النظيفة .

#### أهداف ومعايير جودة المياه Water quality objectives and guidelines

يتم تقدير معايير جودة المياه guidelines علميا عن طريق تحديد تركيز المواد المسموح بها في المياه تبعاً لاستخدامها سواء للشرب أو الاستحمام وهذه المعايير تعتبر صمام الأمان لحماية البيئة .

أما أهداف جودة المياه objectives فهي تحدد تركيز المواد المسموح بها لكل الاستخدامات في موقع معين مثل بحيرة أو نهر والأهداف تعتمد تماما على معايير جودة المياه للاستخدام المعين عند هذا الموقع وكذلك على الاعتبارات الاجتماعية والاقتصادية .

### Regulations

الحل الأمثل للحفاظ على جودة المياه هو أن نمنع جميع الملوثات من الوصول إلى المصادر المائية . ولكن في بعض الظروف يمكن أن يسمح لتركيزات منخفضة من بعض المواد بالتواجد ولذلك يجب أن يكون لدينا قوانين تحدد المواد والتركيزات المسموح بتواجدها في البيئة وبالذات المصادر المائية ولعمل ذلك يوجد مجموعة من الأسئلة يجب أن توجه قبل أن تسن هذه القوانين وتشمل :

- ما هي مصادر وكميات وتأثير المواد المختلفة ؟
- ماذا يحدث لهذه المواد عند دخولها الماء ؟ هل تتغير ؟ وإلى ماذا ؟
- ما هو الناتج النهائي لهذه المواد عند تحللها ؟
- هل يمكن منع هذه المواد من دخول المصادر المائية أو التخلص منها عن طريق المعالجة ؟

ومثال ذلك هو ما تم ذكره سابقا عن تحديد تركيز عنصر الفوسفور  
الواجب تواجده في المنظفات والواقع أن هيئة حماية البيئة الأمريكية (EPA)  
والهيئة الكندية (CEPA) قامتا بعمل كثير من القوانين الخاصة بحماية البيئة  
من التلوث .

#### ماذا يمكن عمله لتحسين جودة المياه ؟

في ظل التحديات الخطيرة التي تواجه البيئة فإن كل جهد يبذل سواء من  
الأفراد أو الهيئات سوف يؤدي إلى تحسين جودة المياه على وجه  
الخصوص والبيئة بصفة عامة ويمكنك البدء بنفسك أولا بإتباع ما يلي :

#### تجنب شراء المنتجات الخطرة بيئيا في منزلك

جميع الكيماويات التي تستخدم في المنزل تعتبر صديقة للبيئة إذا ما  
أحسن استخدامها تبعاً للتعليمات المدونة عليها ولكن هذه المواد سوف  
تصبح خطر على البيئة عند استخدامها بكميات كبيرة أو بطريقة خاطئة .

ولذلك عليك إتباع التالي :

- افحص الملصق على العبوة لتتبين مدى خطورة هذا المنتج وأقرأه  
بعناية لتتعلم كيفية استخدام هذا المنتج بأمان وما هي  
الاحتياطات الواجب اتخاذها عند الاستخدام .



• اشتر فقط المنتجات الخطرة بيئيا التي تحتاجها ولكن بالكميات التي سوف تستخدمها فعلا حتى لا تضطر إلى التخلص من الكمية التي لم تستخدم .

• اشتر فقط المنتجات صديقة البيئة من المتجر وعادة المنتجات صديقة البيئة تعمل على تعظيم الاستفادة منها وإعادة استخدامها.

#### لا تسئ استخدام نظام الصرف الصحي

• لا تلقى المخلفات في نظام الصرف . فكثير من المنتجات السامة التي تستخدم في المنزل تعمل على تدهور البيئة وتعود لنا ثانية من خلال الماء والغذاء .

• تخلص من الأشياء الورقية والبلاستيكية وذلك بإلقائها في القمامة وليس بالمرحاض فهذه الأشياء تسبب مشاكل كبيرة عند معالجة مياه الصرف الصحي .

• استخدم بالكامل جميع المنظفات الخاص بالأحواض والمراحيض والسجاد وتلميع المعادن ومزيلي الصبغة والمنيبات وأغلب المنتجات الحمضية والقلوية .

• لا تتخلص من العبوات المستخدمة لحفظ المأكولات عن طريق الصرف .

- استخدام البويات المائية وليس البويات الزيتية .
- لا تستخدم المبيدات الحشرية أو المواد الخطرة في حديقتك
- قاوم الحشرات والحشائش باستخدام طرق بديلة مثل :
  - (١) التخلص من الحشائش يدوي .
  - (٢) التخلص من الأوراق المصابة .
  - (٣) قاوم الحشرات باستخدام المطهرات الحشرية أو استخدام الماء .
  - (٤) استخدام مصائد النمل والحشرات بدلا من المواد الكيماوية.
  - (٥) استخدم مضادات الحشرات الطبيعية مثل diatomaceous earth والتي هي متوفرة في كثير من المراكز .
  - (٦) استخدام الأسمدة الطبيعية .
- لا تُلقي المنتجات الخطرة في بالوعات الشوارع .
- لا تُلقي الزيت ، الدهانات ، المذيبات في بالوعات الشوارع .
- اتصل بالمسئول عن التخلص من المواد الخطرة في المحافظة .

- دائما تذكر جودة المياه في جميع الأحوال .
- القوارب ذات الموتور يمكن أن يتسرب منها الجازولين إلى المياه ولذلك عليك التأكد من أن الموتور في حالة جيدة قبل الإبحار .
- عند القيام بنزهة خلوية دائما تخلص من المخلفات القابلة للتحلل وذلك بدفنها بعيدا عن مصادر المياه بحوالي 60 مترا على الأقل .

#### وأكثر من ذلك

- اقرأ دائما عن البيئة ومشكلاتها .
- التحق بالجمعيات التي تعمل على حل المشكلات البيئية .
- قاطع المنتجات غير الصديقة للبيئة .
- توجه وتعليم أبنائك كيفية المحافظة على البيئة .

#### **التنمية المستدامة Sustainable development**

بدخولنا القرن إلحادي والعشرين نجد أنفسنا عند نقطة حرجة حيث يوجد لدينا عدد قليل جدا من السنوات لإصلاح ما أفسدناه في البيئة وإعادة مصادر المياه إلى النقطة التي تصبح عندها هذه المصادر قادرة على صيانة نفسها طبيعيا بدون أي تدخل من الإنسان.

ويجب الآن علينا أن تفكر في التنمية المستدامة وذلك باستخدام وإدارة مصادرها والبيئة بطريقة تحفظ وتحافظ على البيئة إلى سنوات كثيرة قادمة .

وعلى كل منا أن يؤدي واجبه في موقعه تجاه البيئة وهذا يشمل الحكومة ، رجال الصناعة ، رجال الزراعة ، العامة ، المنظمات غير الحكومية ، الأفراد في المدرسة والجامعة ومكان العمل وأماكن الترفيه ولقد حان الوقت لإعادة تقييم عاداتنا وطرق المعيشة وتغييرها لتصبح أكثر مراعاة للبيئة وصحة البيئة وهذا يشمل تغيير عادات استخدام المياه بطريقة تسمح للمصادر المائية بتجديد نفسها طبيعياً بأن تكون ذات جودة عالية .

يجب على كل فرد منا أن لا يألوا جهداً للحفاظ على البيئة ليس من أجل صحته وصحة أبنائه ولكن أيضاً من أجل الأجيال القادمة ومن أجل جميع الكائنات الحية التي تشاركنا العيش على هذا الكوكب .

## مراجع الفصل الرابع

- Government of Canada. 1995. Pollution prevention: A Federal Strategy for Action. Environment Canada, Ottawa.
- Health Canada. 1997. It's Our health: Drinking Water Guidelines. Health Canada Publications, Ottawa.
- Mc Allister, D.E., A.L. Hamilton, and B. Harvey. 1997. Global fresh water biodiversity: Striving for the Integrity of Freshwater Ecosystems. Special issue of sea wind, Bulletin of Ocean Voice International Vol. 11, no.3.
- Postl, S. 1997. Last Oasis: Facing Water Scarcity. World watch Environmental Alert Series. W.W. Norton & Company, New York.

### مواقع الإنترنت

[http: // www.ec.gc.ca/water](http://www.ec.gc.ca/water)  
[http: // www.tic.ab.ca/~sbennett](http://www.tic.ab.ca/~sbennett).  
[http: // www.inweh.uwaterloo.ca/unuinweh](http://www.inweh.uwaterloo.ca/unuinweh).  
[http: // www.wbcsd.ch](http://www.wbcsd.ch)  
[http: // www.earth1.epa.gov](http://www.earth1.epa.gov).  
[http: // www.watercan.com](http://www.watercan.com).



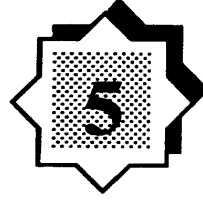


## تلوث التربة

- ❖ ملوثات التربة
- ❖ تأثير المخلفات الزراعية والصناعية على التربة
- ❖ التخلص من ملوثات التربة







## تلوث التربة

### Soil Pollution

#### ملوثات التربة

التربة هي المستقبل الرئيسي لعدد من مخلفات المواد الكيميائية المستخدمة في المجتمع المتحضر وعند دخول هذه المواد إلى التربة تصبح جزء منها وبالتالي تؤثر على جميع صور الحياة . ولقد أصبح من الضروري معرفة طبيعة هذه المخلفات (الملوثات) وتفاعلاتها في الأتربة وكيفية إدارتها والتخلص منها . والملوثات شائعة الانتشار والتي تصل إلى التربة بكميات كبيرة تنقسم إلى ثلاثة أنواع :

#### ١- المبيدات Pesticides

وأغلب هذه المبيدات تستخدم في أغراض الزراعة .

#### ٢- الملوثات غير العضوية Inorganic pollutants

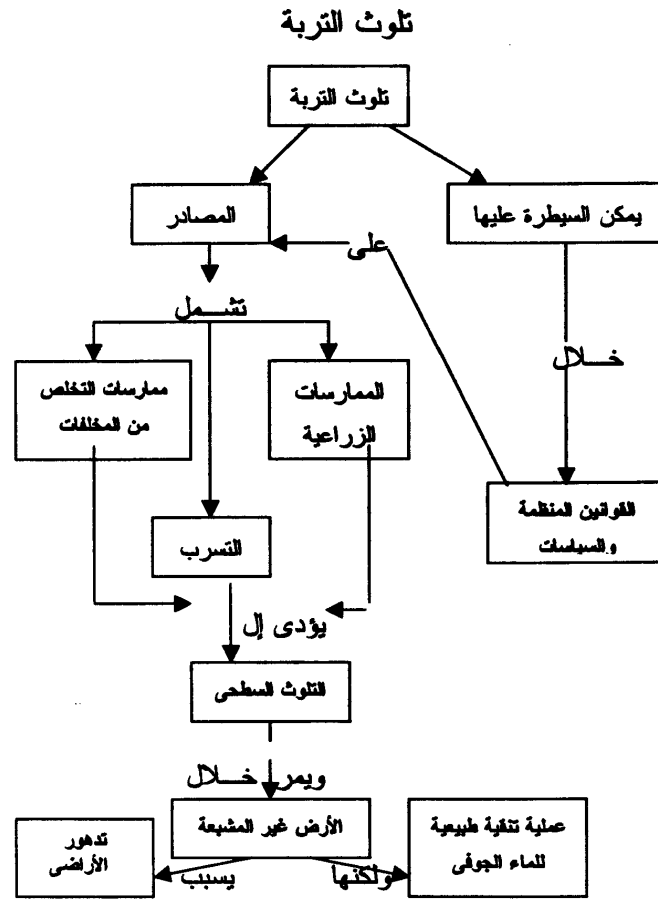
مثل الزئبق والكاميوم والرصاص .

#### ٣- المخلفات العضوية Organic wastes

ومثال ذلك المخلفات الناتجة من التصنيع الزراعي ومخلفات الحيوانات والصرف الصحي .

#### أولاً : المبيدات الكيميائية Chemical Pesticides

يستخدم العديد من مبيدات الآفات في إنتاج المحاصيل وذلك بغرض مكافحة الآفات التي تصيب هذه المحاصيل . وتقسم المبيدات حسب نوع الآفة إلى (١) مبيدات حشرية (٢) مبيدات فطرية (٣) مبيدات حشائش (٤) مبيدات نيماتودية (٥) مبيدات قوارض ، وتستخدم الثلاثة أنواع الأولى بكميات كبيرة في الزراعة ويؤدي ذلك إلى تلوث التربة ولقد قدر استخدام الولايات المتحدة بحوالي نصف مليون كجم مبيدات (6 بليون دولار) في عام ١٩٩٠ . ومعظم المبيدات هي عبارة عن مركبات عطرية والتركيب الكيميائي لبعض المبيدات الحشرية ومبيدات الحشائش شائعة الاستخدام موضحاً بالشكل (5-1) . ويلاحظ الاختلافات الكبيرة في التركيب الكيميائي بين أنواع المبيدات .



شكل (1-5) : يوضح التركيب الكيميائي لبعض أنواع المبيدات شائعة الاستخدام في إنتاج المحاصيل

والنظر إلى المبيدات على أنها ملوثات للتربة يتوقف على درجة تحليلها وسميتها للحيوان والإنسان . فالمبيدات التي تتواجد في التربة لفترة زمنية طويلة بدون أن تتحلل إلى مواد غير سامة للإنسان والحيوان يمكن أن تتجمع بتركيزات عالية في السلسلة الغذائية Food chain وتؤثر بدرجة كبيرة على صحة الإنسان.

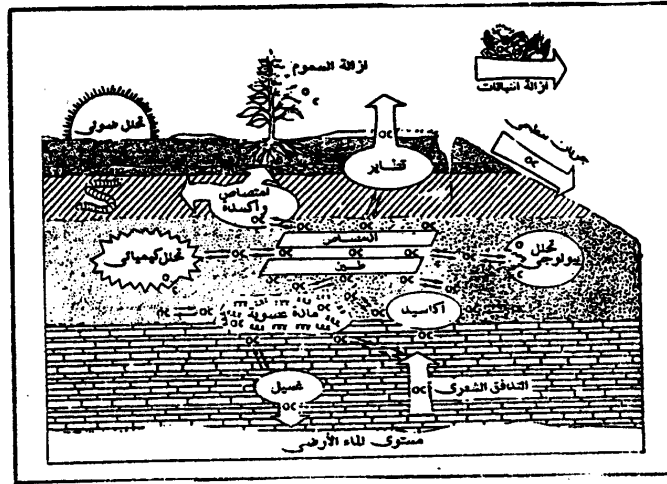
#### تفاعلات المبيدات في التربة Reactions of Pesticides in Soils

يصل جزء كبير من المبيدات إلى التربة بغض النظر عن طريق الاستخدام سواء برش النباتات أو إضافتها إلى سطح التربة وبوصول هذه المواد الكيميائية إلى التربة يمكن لها أن تتحرك في واحد أو أكثر من الاتجاهات التالية :

- (أ) تتطرق Vaporize إلى الجو بدون أي تغير كيميائي .
- (ب) تدمص Adsorbed على سطوح معادن الطين والمواد الدبالية (الهيومس) .
- (ج) تتحرك خلال قطاع التربة وقد تفقد بالغسيل .
- (د) تتفاعل كيميائياً مع سطوح حبيبات التربة .
- (هـ) تتحلل Breakdown بواسطة الأحياء الدقيقة .

(و) تمتص Absorbed بواسطة النباتات .

وعامة يتحدد مصير هذه المبيدات في التربة تبعا للتركيب الكيميائي لكل مبيد نظرا لوجود اختلافات كبيرة في تركيب هذه المبيدات كما سبق توضيحه في الشكل (1-5) سابقا . ويوضح الشكل (2-5) العمليات المختلفة التي تؤثر على المواد الكيميائية العضوية في التربة مثل المبيدات والتي نوجزها فيما يلي:



شكل (2-5) : العمليات المؤثرة على مصير المواد الكيميائية العضوية  
Organic Chemicals (OC) مثل المبيدات في التربة

## (أ) التطاير Volatility

تختلف المبيدات اختلافا كبيرا في مقدرتها على التطاير وبالتالي فقدتها في الجو . فمثلا بعض معقمات التربة Soil fumigants مثل بروميد الميثيل Methyl bromide يتم اختبارها على أساس الضغط البخاري المرتفع الذي يسمح للمادة أن تخترق مسام التربة للقضاء على الآفات الموجودة بها وهذه الخاصية تساعد على أن يفقد المبيد بالتطاير بعد معاملة التربة به مالم تكن التربة مغطاة. ويوجد القليل من مبيدات الحشائش والمبيدات الفطرية التي تمتلك خاصية التطاير مثل Trifluralin وعموما فالمبيدات التي تفقد من التربة بالتطاير تعود إليها ثانياً أو تسقط على المياه بواسطة الأمطار.

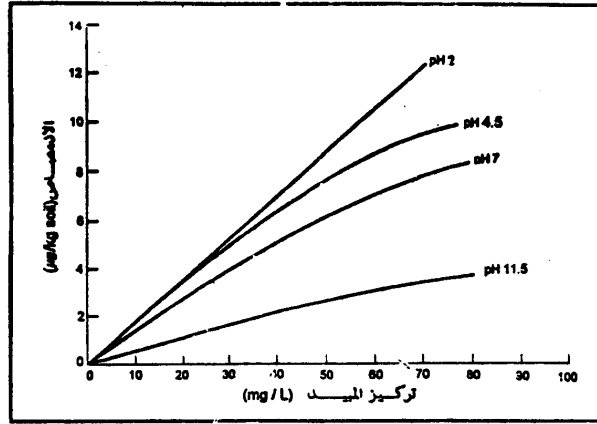
## (ب) الإمصاص Adsorption

يتوقف إمصاص المبيدات على سطوح التربة على التركيب الكيميائي للمبيد وخصائص التربة المضاف إليها فوجود مجاميع  $-CONH_2$ ,  $-OH$ ,  $-NH_2$ ,  $NHR$  في التركيب الكيميائي للمبيد يساعد على إمصاص هذه المبيدات على غرويات التربة وخاصة الهيومس . أيضا بعض مبيدات الحشائش مثل Paraquat تحتوى على مجاميع موجبة الشحنة وينتج عن ذلك إمصاصها على سطوح معادن الطين. وإمصاص المبيدات على سطوح الطين يتوقف على الرقم الهيدروجيني (pH) للتربة (شكل 3-5) فيزيد

الإمصاص بانخفاض الرقم الهيدروجيني (pH) لأن إضافة أيونات ( $H^+$ ) إلى المجاميع النشطة مثل  $NH_2$  يؤدي إلى اكتساب مبيد الحشائش شحنة موجبة وبالتالي يمتص على سطوح غرويات التربة ذات الشحنة السالبة .

#### (ج) الغسيل Leaching

يتوقف فقد المبيد من التربة عن طريق الغسيل على ذائبية المبيد ودرجة إيمصاصه على سطوح غرويات التربة . فالمبيدات ضعيفة الإمصاص على غرويات التربة تكون عرضة للفقد بالغسيل من المبيدات قوية الإمصاص . كذلك فقد المبيدات في الأتربة الرملية يكون أسهل من فقدها في الأتربة الطينية أو تلك التي تحتوي على نسبة كبيرة من المادة العضوية . وعموما فإن مبيدات الحشائش تكون أكثر حركة Mobile من المبيدات الفطرية أو الحشرية وقد أدى استخدام مبيدات الحشائش بكثرة إلى تلوث الماء الجوفي Ground water في بعض المناطق (جدول 1-5) .



شكل (3-5): تأثير الرقم الهيدروجيني (pH) للكاتيونات على إدمصاص مبيد الحشائش Glyphosate (McConnell and Hosner 1985)

جدول (5-1): درجة إدمصاص بعض مبيدات الحشائش على سطوح غرويات التربة (المبيدات ضعيفة الإدمصاص تكون عرضة للفقد بالغسيل من المبيدات قوية الإدمصاص)

الاسم الشائع	الاسم التجارى	درجة الإدمصاص على غرويات التربة
Dalapon	Dowpon	لا يوجد
Bentazon	Basagran	ضعيف
Propachlor	Ramrod	متوسط
Atrazine	A Atrex	قوى
Alachor	Lasso	قوى
Paraquat	Paraquat	قوى جدا
Trifluralin	Treflan	قوى جدا



## (د) التفاعلات الكيميائية Chemical reactions

يتغير التركيب الكيميائي لبعض المبيدات عن طريق التحلل الضوئي Photode composition البطيء والذي ينشط بواسطة الإشعاع الشمسي وهذا التحلل الضوئي يحدث بدون تدخل الكائنات الدقيقة في التربة ومثال ذلك مبيد الحشائش Tuazine والمبيدات الحشرية الفوسفاتية التي يحدث لها تحلل في التربة Degradation.

## (هـ) التحلل البيوكيميائي Biochemical Degradation

ويعد التحلل البيوكيميائي للمبيدات بواسطة ميكروبات التربة أهم طريقة يتم بها التخلص من المبيدات في التربة فبعض المجاميع القطبية التي توجد على جزيء المبيد مثل  $-NH_2$ ,  $-OH$ ,  $-COO$  تمثل نقاط ضعف تُهاجم من خلالها بواسطة ميكروبات التربة . والمبيدات التي تتحلل بسهولة بواسطة ميكروبات التربة هي المبيدات الحشرية الفوسفاتية مثل Parathion وأغلب المبيدات الفطرية وإن كان تحللها بطيئاً. وعلى العكس من ذلك نجد أن Chlorinated hydrocarbons, DDT مثل Aldrin يكون تحللها بطيئاً جداً في التربة .

## (و) الإمتصاص بواسطة النبات Plant Absorption

تمتص النباتات معظم مبيدات الحشائش حيث أن هذه العملية ضرورية

لكى يكون المبيد فعالا . والمبيد الممتص بواسطة النبات قد يبقى داخله أو قد يتحلل وبعض نواتج التحلل تكون غير ضارة للإنسان أو المخلوقات الأخرى . وفى بعض الأحيان تكون نواتج التحلل سامة أو حتى أكثر سمية من المبيد الأصلي . وبقايا المبيدات خاصة في أجزاء النبات التي تؤكل مثل ثمار الفواكه والخضراوات وغيرها تمثل خطرا كبيرا على صحة الإنسان .

#### فترة بقاء المبيد في التربة Persistence in soils

يتوقف فترة بقاء المبيد في التربة على العوامل السابق ذكرها وتختلف المبيدات فيما بينها من حيث فترة البقاء في التربة فبعض المبيدات الحشرية الفوسفاتية قد تبقى في التربة عدة أيام والبعض الآخر قد تطول فترة بقاؤه إلى شهور مثل مبيد الحشائش Diuron أو سنين مثل DDT (جدول رقم 2-5) . والمبيدات التي تتحلل بسهولة إلى مكونات غير سامة للإنسان ولا تطول فترة بقاءها في التربة لاتمثل خطرا حقيقيا على البيئة وإنما الخطر الحقيقي يكمن في تلك المبيدات التي تقاوم التحلل وتطول فترة بقاؤها في التربة .

جدول (2-5) : المدى الشائع لفترة بقاء بعض المبيدات في التربة والخطورة على البيئة تكمن في تلك المبيدات التي تطول فترة بقاءها في التربة

نوع المبيد	فترة بقاء المبيد في التربة
Arsenic	ما لانهاية
Chlorinated hydrocarbon insecticides (DDT)	2-5 سنوات
Triazine herbicides (Atrazine)	1-2 سنة
Urea herbicides (Diuron)	2-10 شهور
Organophosphate insecticides (Malathion)	1-12 أسبوع
Carbamate herbicides (Barban)	1-8 أسبوع

#### خفض تركيز المبيد في التربة Reducing soil pesticide level

فيما يلي بعض المقترحات لخفض مستوى تركيز المبيدات في التربة :

(١) إضافة المواد العضوية سهلة التحلل إلى التربة حيث لوحظ أن إضافة كميات كبيرة من الأسمدة العضوية ساعد على سرعة تحلل بعض المبيدات المقاومة للتحلل وذلك نتيجة لتوافر الظروف الملائمة لعمل ميكروبات التربة .

(٢) زراعة بعض النباتات التي تجمع Accumulate المبيدات .

(٣) غسيل Leaching التربة .

ولسوء الحظ فإن بعض هذه المقترحات تعمل فقط على نقل المبيدات من التربة إلى مكان آخر في البيئة مما يجعل هذه المقترحات عديمة الفائدة .

(٤) استخدام المواد المتخصصة والمبيدات الحيوية والطبيعية واستخدامها على نطاق واسع في مكافحة الآفات ومنها على سبيل المثال :

أ - مكافحة دودة ورق القطن بأسلوب اصطياد ذكور الفراشات بواسطة المصائد المائية المحتوية على الجاذبات الجنسية حيث يؤدي انجذاب ذكور الفراشات وسقوطها في المصائد المائية إلى عدم تلقيح الإناث وبالتالي تضع الإناث بيض غير مخصب .

ب- استخدام أنويه بنور أشجار النيم الاستوائية *Azadirachta indica* لمكافحة بعض الحشرات وذلك في صور مستخلصات مائية .

(٥) استخدام البرامج المناسبة للمكافحة المتكاملة للآفات Integrated Pest Management (IPM) التي تعتمد بدرجة كبيرة على العناصر الأساسية غير الملوثة للبيئة مثل الأعداء الطبيعية من مفترسات *Natural predators* وطفيليات وغيرها .

(٦) استنباط سلالات نباتية تمتاز بمقدرة كبيرة على مقاومة الآفات وبصفة خاصة مسببات الأمراض النباتية (البكتيريا - الفطريات - الفيروسات)

. وهذه العملية تستغرق فترة زمنية طويلة ولاشك أن تقنيات زراعة الأنسجة سوف تزيد من إمكانية استنباط هذه السلالات .

#### مواصفات المبيد الجيد (الآمن)

##### Criteria of a good pesticide (safe)

يجب أن تتوفر الشروط التالية في المبيد لكي يكون آمنا ويسمح بتداوله في الأسواق :

- (١) أن يتميز المبيد بفاعلية عالية تجاه الآفة المستخدمة .
  - (٢) ألا تكون فترة بقائه لفترات أطول مما يحتاج إليها في تحقيق الغرض منه .
  - (٣) ألا تكون مسببة لأمراض السرطان أو التشوهات الجينية.
  - (٤) ألا يؤثر على بقية العناصر البيئية .
  - (٥) ألا يسبب ضررا للأعداء الطبيعية من مفترسات ومتطفلات وغيرها من الحشرات النافعة .
- ومن أمثلة المبيدات الحديثة التي تتميز بالمعايير السابقة المبيد الجهازى Pirimicarb المتخصص كمبيد للمن وبعض المبيدات الفطرية الجهازية مثل Dimthirimol الذي أظهر نشاطا اختياريا عاليا تجاه البياض الدقيقى ويوجد أيضا بعض مجاميع المبيدات الحديثة التي تظهر فعالية عالية مع مواصفات جيدة متوافقة مع الاحتياجات البيئية مثل المبيدات الحشرية البيرثرورية ومبيدات الحشائش التابعة لمجموعة Sulphonel Urea والمبيدات الفطرية الجهازية من مجموعة Triazol .

ثانيا : المركبات الكيميائية غير العضوية السامة

#### Toxic Inorganic Compounds

تتلوث التربة بالعديد من المركبات الكيميائية غير العضوية السامة للإنسان والحيوان . وتختلف سمية هذه المركبات فنجد أن المركبات التي تحتوى على عناصر الكاديوم والكروم والزرنيخ Arsenic والزنبق تعتبر عالية السمية أما المركبات التي تحتوى على رصاص ، نيكل ، موليبدنوم وفلور تعتبر متوسطة السمية فى حين أن المركبات المحتوية على بورون أو نحاس أو منجنيز أو زنك يعتبر منخفض السمية نوعا . وجميع العناصر السابق ذكرها تعتبر من المعادن الثقيلة Heavy metals ماعدا البورون والفلور .

#### مصادر التلوث Contamination Sources

يوجد العديد من مصادر الملوثات الكيميائية غير العضوية والتي تؤدي إلى تجمع هذه الملوثات في التربة (جدول رقم 3-5) . فعمليات حرق الوقود واستخراج المعادن تؤدي إلى انطلاق العديد من العناصر إلى الجو وترسبها على النباتات والتربة مثل عناصر الرصاص والنيكل والبورون التي تضلف إلى وقود السيارات وعند إحتراق الوقود تنطلق هذه العناصر وتترسب على التربة بواسطة الأمطار . أيضا الأسمدة الفوسفاتية والحجر الجيري يحتويان على كميات قليلة من عناصر الكاديوم والنحاس والمنجنيز والنيكل

والزنك . كذلك يستخدم كلا من الكاديوم والكروم في طلاء المعادن والكاديوم يستخدم في تصنيع البطاريات .

أما الزرنيخ Arsenic فقد أستخدم لسنوات عديدة كمبيد حشري على محاصيل القطن والدخان والفاكهة ونتيجة لمنع تداوله فهو يستخدم الآن في نطاق محدود جدا . وكثير من العناصر السامة تتواجد بكميات كبيرة في مخلفات الصرف الصحي والصناعي .

ولقد لوحظ في السنوات الأخيرة زيادة استخدام كثير من النواتج التي تحتوي على هذه العناصر مما يعظم فرصة تلوث البيئة بهذه العناصر وبالتالي يزيد من فرص تعرض الإنسان لها سواء عن طريق الجو أو الماء أو الغذاء .

جدول (3-5) : مصادر بعض الملوثات غير العضوية للتربة .

العنصر	استخداماته ومصادر تلوث التربة
الزرنيخ (As)	مبيد حشري - مشتقات البترول والفحم - يضاف لمعاليق الحيوان - المنظفات.
الكاديوم (Cd)	طلاء المعادن - البويات - مثبت للبلاستيك - صناعة البطاريات.
الكروم (Cr)	طلاء المعادن - الصلب الذي لا يصدأ - مصانع الطوب.
النحاس (Cu)	مناجم الفحم ومخلفاته - الأسمدة.
الرصاص (Pb)	إحتراق الوقود والفحم - مصانع إنتاج الحديد والصلب.

المبيدات - صناعة المعادن - الترمومسترات - تصنيع البوليمرات.	الزئبق (Hg)
إحتراق البترول والفحم - صناعة السبائك - طلاء المعادن.	النيكل (Ni)
الحديد والصلب المجلفن - السبائك - البطاريات - مصانع المطاط.	الزنك (Zn)

### دورة العناصر الثقيلة في النظام البيئي

#### Cycling of heavy metals in ecosystem

تصل العناصر الثقيلة والسامة إلى التربة أيا كان مصدرها حيث تصبح جزء من دورة الحياة التي تشمل : التربة ← النباتات ← الحيوان ← الإنسان (شكل 1-2) . ولسوء الحظ عندما تصبح العناصر الثقيلة جزء من الدورة السابق ذكرها فإنها تتجمع في أنسجة الحيوان والإنسان بتركيزات سامة . ولذلك فإنه من الضروري وضع ضوابط صارمة للحد من انطلاق هذه العناصر ووصولها إلى التربة .

#### مخلفات الصرف الصحي كمصدر هام للملوثات غير العضوية

#### Potential Hazards of Chemicals in Sewage Sludge

تعتبر مخلفات الصرف الصحي والصناعي من أهم مصادر العناصر الثقيلة والسامة حيث نجد أن حوالي 30% من هذه المخلفات تضاف سنوياً



إلى التربة . وتحتوى مخلفات الصرف الصحي والصناعي على كميات كبيرة من الملوثات العضوية والغير عضوية مما يمثل خطرا شديدا على البيئة .

والجدول رقم (4-5) يوضح مستويات العناصر غير العضوية الموجودة فى مخلفات الصرف الصحي والصناعي لبعض المدن الكبيرة ويلاحظ الفرق الكبير بين مستوى العنصر فى مخلفات الصرف الصحي والصناعي ومستواه فى السماد العضوي فمثلا تركيز الكاديوم Sludge يعادل 400 ضعف مستوى هذا العنصر فى السماد العضوي وغالبا ما يكون مصدر هذا التركيز العالي للعناصر السامة هو مخلفات صناعية . ولذلك يجب مراعاة الحرص الشديد عند إضافة هذه المخلفات إلى التربة إذ علينا أن نتأكد من مستويات العناصر السامة فى المخلفات حتى لاتكون سامة للنبات وبالتالي الحيوان أو الإنسان .

جدول (4-5) : مقارنة بين تركيزات بعض العناصر السامة في كلا من مخلفات الصرف الصحي والسماد العضوي

مخلفات الصرف الصحي (mg / kg)		السماد العضوي (mg / kg)	العنصر
Small Village	Range from 15 larger cities		
3	4-44	0.5	لنتيموني
3	4-30	4	زرنيخ
7	9-444	1	كاديوم
169	207-14,000	56	كروم
821	458-2,890	62	نحاس
11	4-18	0.2	زئبق
128	32-527	286	منجنيز
1	2-33	14	موليبدينوم
36	51-562	29	نيكل
136	329-7627	16	رصاص
560	601-6,890	71	زنك

## تفاعلات الملوثات غير العضوية في التربة

## Reactions of Inorganic Contaminants in Soils

## (١) العناصر الثقيلة في مخلفات الصرف الصحي

## Heavy metals in sewage sludge

أدى إضافة مخلفات الصرف الصحي والصناعي إلى التربة بكميات كبيرة إلى إجراء كثير من الأبحاث لمعرفة تأثير العناصر السامة الناجمة من هذه المخلفات في التربة وخاصة عناصر الزنك والنحاس والنيكل والكاديميوم والرصاص نظرا لتواجدها بكميات كبيرة في هذه المخلفات . ولقد أوضحت الدراسات أن هذه العناصر ترتبط بغرويات التربة في الصور الأربع التالية (جدول 5-5) :

(أ) الصورة الممتصة أو المتبادلة وهذه الصورة صالحة للاستخدام بواسطة النبات وتمثل هذه الصورة نسبة صغيرة من التركيز الكلي .

(ب) مرتبطة بمادة الأتربة العضوية عن طريق المواد العضوية الموجودة في المخلفات. وهذه الصورة غير متاحة للاستخدام بواسطة النبات في زمن الإضافة ولكنها تصبح متاحة لامتناس النبات مع الزمن .

(ج) ممتصة على سطوح كربونات الكالسيوم ومصاحبة لأكاسيد الحديد .

(د) في صورة مركبات شحيحة الذوبان في الماء وهذه الصورة تكون غير صالحة للامتصاص بواسطة النبات .

ولحسن الحظ فإن جزء يسير من هذه العناصر يكون متاح لحظيا للامتصاص بواسطة النبات ومع ذلك فيجب مراعاة عدم إضافة كميات من هذه المخلفات إلى التربة تزيد عن سعة التربة لاحتوائها والتفاعل معها وعادة ما يؤخذ السعة التبادلية الكاتيونية للأتربة في الاعتبار عند تحديد كميات المخلفات التي يجب إضافتها إلى التربة .

جدول (5-5) : صور بعض العناصر الثقيلة في تربة مضاف لها 45 طن/هكتار مخلفات صرف صحي سنويا لمدة 5 سنوات.

Forms	Percentage of elements in each form					
	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Exchangeable / adsorbed	1	1	2	5	1	2
Organically bound	20	5	34	24	3	28
Carbonate / iron oxides	64	19	36	33	85	39
Residual*	16	77	29	40	12	31

(٢) العناصر الثقيلة في مصادر أخرى

#### - الزرنيخ Arsenic

لوحظ زيادة مستويات الزرنيخ في التربة وخاصة أراضي الحمضيات نتيجة استخدام المبيدات الحشرية المحتوية على زرنيخ وعامة يوجد الزرنيخ في صورة أنيونية  $H_2AsO_4^-$  ويمتص بواسطة أكاسيد

الحديد والألومنيوم المتأدنة في صورة غير صالحة للنبات ولكن الإضافات المتزايدة للتربة لأعوام طويلة يمكن أن تؤدي إلى سمية النباتات الحساسة للزنيخ . ويمكن الحد من الأثر الضار للزنيخ عن طريق إضافة كبريتات الزنك والحديد والألومنيوم إلى التربة .

#### - الرصاص Lead

المصدر الرئيسي لتلوث التربة بالرصاص ويأتي من عوادم السيارات حيث يترسب جزء كبير منه على النباتات والجزء الآخر يصل إلى التربة مباشرة . وعامة يتواجد الرصاص في التربة في صورة غير صالحة للامتصاص بواسطة النباتات حيث يرتبط مع الكربونات والكبريتيد في صورة مركبات شحيحة الذوبان أو يرتبط مع أكاسيد الحديد والألومنيوم والمنجنيز .

#### - البورون Boron

المصدر الرئيسي لتلوث الأتربة بالبورون يحدث نتيجة الري بمصدر مائي يحتوي على تركيزات عالية من البورون أو التسميد بكميات كبيرة بأسمدة تحتوي على هذا العنصر . ويوجد البورون في التربة في صورة ذائبة أو مدمصة على أسطح معادن الطين ويكون صالح للامتصاص بواسطة النباتات ونقل صلاحية هذا العنصر للامتصاص بواسطة النبات بارتفاع الرقم الهيدروجيني (pH) .

### - الزئبق Mercury

تلوث بعض البحيرات بالزئبق نتيجة صرف مخلفات الصناعة أدى إلى ارتفاع تركيز الزئبق في الأسماك لمستويات سامة . ويوجد الزئبق في التربة في صورة غير ذائبة ويتحول بفعل الكائنات الحية الدقيقة إلى صورة عضوية Methylmercury صالحة للامتصاص بواسطة النبات والحيوان وبالتالي يدخل في السلسلة الغذائية Food chain .

### طرق الحد من الملوثات غير العضوية

#### Elimination of Inorganic Chemical Contamination

يوجد طريقتان أساسيتان للحد من تلوث التربة بالمركبات غير العضوية السامة.

أولا - خفض الكميات المضافة من هذه الملوثات .

ثانيا- إدارة التربة والمحصول كوسيلة لمنع دخول هذه الملوثات في دورة :

التربة ← النبات ← الحيوان ← الإنسان

#### أولا: خفض الكميات المضافة للتربة Reducing soil application

علينا جميعا أن ننظر إلى التربة على أنها مصدر طبيعي هام يمكن

التضاء عليه بواسطة الإضافات المتزايدة من الملوثات غير العضوية والسامة . ولذلك لابد من الحد من تلك الإضافات التي تتم سواء بطريق غير مباشر (تلوث الهواء للنتاج من العمليات الصناعية واحتراق وقود السيارات وغيرها) . أو بطريق مباشر (المبيدات - الأسمدة - ماء الري - المخلفات الصلبة) .

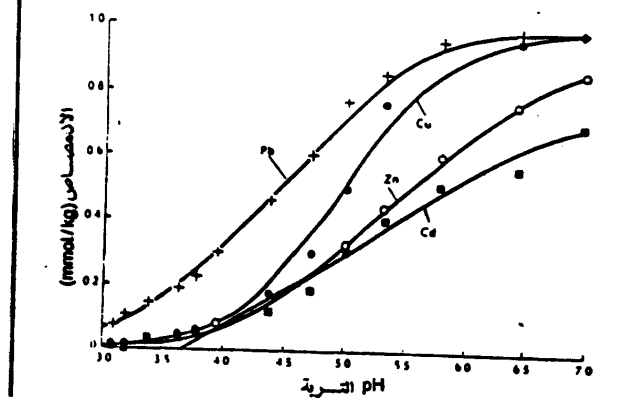
#### ثانياً: إدارة التربة والمحصول Soil and Crop management

يمكن لإدارة التربة والمحصول أن تساعد على خفض دورة الملوثات في النظام البيئي ويتم ذلك مبدئياً عن طريق التحفظ على هذه الملوثات في التربة وخفض امتصاصها بواسطة النبات فتصبح التربة بهذه الطريقة عبارة عن مصب (Sink) للملوثات وليس مصدراً لها وبذلك يتم كسر الدورة (التربة ← النبات ← الحيوان ← الإنسان) . وبمعنى آخر العمل على أن تكون هذه الملوثات في التربة في صورة غير صالحة للامتصاص بواسطة النبات فمثلاً ارتفاع pH التربة أعلى من 7 يؤدي إلى مسك هذه العناصر وجعلها أقل حركة Immobile (شكل 5-5) . وأيضاً إضافات أكاسيد الحديد والمنجنيز والفوسفات ووجود كربونات الكالسيوم في الأتربة يجعل هذه العناصر أقل صلاحية للامتصاص بواسطة النبات .

أيضاً يجب الاستفادة من النباتات التي لها المقدرة على تجميع بعض هذه

العناصر السامة Accumulators على ألا يتم تغذية الإنسان أو الحيوان بهذه النباتات.

مما سبق يتضح أن إدارة التربة والمحصول يمكن أن يكون له بعض الفائدة في الحد من انتشار هذه الملوثات .



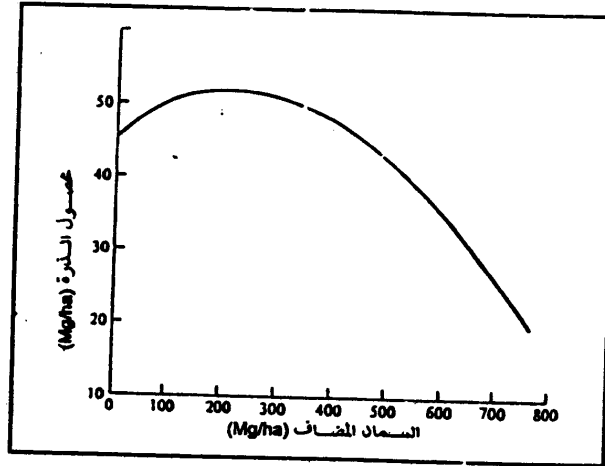
شكل (5-5) : تأثير pH التربة على إدمصاص العناصر الثقيلة (Elliot et al., 1986)

#### ثالثاً : المخلفات العضوية Organic wastes

ملايين الأطنان من المخلفات العضوية (الأسمدة الناتجة من حيوانات المزرعة - مخلفات التصنيع الزراعي - الأسمدة العضوية الصناعية Compost) يتم إضافتها للتربة سنوياً . نظراً لمقدرة هذه المخلفات على تحسين صفات التربة الفيزيائية والكيميائية وبالتالي زيادة المحصول . ولكو



الإضافات المتزايدة من هذه المخلفات يمكن على المدى الطويل أن يكون لها أثر سيئ على كمية المحصول (شكل 6-5) وأيضاً يؤدي إلى تلوث التربة والماء . والشكل (6-5) يوضح تأثير الإضافات المتزايدة من الأسمدة العضوية على تجمع النترات في التربة . وأيون النترات يكون عرضة للفقد بواسطة الغسيل مما يؤدي إلى تلوث الماء الجوفي الذي قد يستخدم كمياه للشرب بواسطة الحيوان والإنسان .



شكل (6-5) : تأثير الإضافات المتزايدة من السماد البلدي على محصول الذرة  
(Murphy *et al.*, 1972)

### التخلص من ملوثات التربة Soil Decontamination

يوجد العديد من المحاولات لإزالة الملوثات من التربة وذلك باستخدام تقنيات مختلفة (جدول 5-6) . وللأسف فإن هذه التقنيات غير كافية لإزالة الملوثات وغالبا ما يستخدم أكثر من تقنية لتنظيف التربة حيث أن التركيب المعقد للتربة ووجود العديد من الملوثات يجعل إزالة الملوثات من التربة أمرا صعبا ومكلفا .

### الطرق المستخدمة في موقع التلوث In Situ Methods

وتستخدم هذه الطرق في موقع التلوث ولا يتم في هذه الطرق نقل التربة من موقعها مما يخفف من احتمالات تلوث مناطق أخرى .

#### - التطاير Volatilization

وتتم هذه التقنية في الموقع وذلك عن طريق إمرار تيار من الهواء خلال أنابيب شبكية تسمح بمرور الهواء في التربة . وفي هذه الحالة تستخدم بعض المعاملات مثل الكربون النشط activated carbon لإمصاص الملوثات المتطايرة وهذه التقنية محدودة فقط للمركبات العضوية الكربونية المتطايرة .

#### - التحلل البيولوجي Biodegradation

وفي هذه الطريقة يتم زيادة قدرة الكائنات الحية الدقيقة على تحليل

الملوثات طبيعياً وذلك عن طريق زيادة أعدادها ونشاطها . وتتأثر عملية التحلل البيولوجي للملوثات بالصفات البيئية والكيميائية للتربة مثل الرطوبة ودرجة الحموضة pH ، درجة الحرارة والميكروبات الموجودة وصلاحية العناصر . ويتم عملية التحلل البيولوجي في التربة تحت الظروف الهوائية وفي مدى pH تتراوح بين 5.5-8 ( المثلث  $pH = 7$  ) ودرجة حرارة تتراوح بين 293-313 K . ويجب أن تأخذ في الاعتبار أن الميكروبات قد تكون فعاله في تحلل ملوث ما دون الآخر .

جدول (5-6) : التقنيات المختلفة المستخدمة في إزالة الملوثات من التربة

التقنية	المميزات	العيوب	التكلفة النسبية
In Situ في موقع التلوث			
- التطاير Volatilization	تستطيع إزالة المركبات المقاومة للتحلل البيولوجي	محدودة فقط للمركبات العضوية المتطاير	منخفضة
- التحلل البيولوجي Biodegradation	فعاله بالنسبة للمركبات غير المتطاير	تحتاج إلى وقت طويل long-term time frame	متوسطة
- الغسيل Leaching	يمكن استخدامها في الحديد من المركبات	غير شائعة الاستخدام	متوسطة
- العزل / الاحتواء isolation / containment	تمنع انتقال الملوثات طبيعياً physically	لا يتم التخلص من الملوثات	قليلة - متوسطة
phytoremediation	فعالة للعناصر الثقيلة	تحتاج لتكنولوجيا خاصة لاستخلاص الملوثات من النبات	قليلة

في غير مواقع التلوث None - in situ			
متوسطه	يتبقى بعض الملوثات	تستخدم عمليات التحلل الطبيعيه	- معالجة التربة Land treatment
عاليه	تحتاج إلى معدات خاصة	يحتمل التخلص نهائيا من الملوثات	- المعالجة الحراريه Thermal treatment
متوسطة	أزاله غير كاملة للمركبات الثقيلة	يستخدم المعدات الموجوده	- استخدام الأسفلت Asphalt incorporation
متوسطة	غير شائعة الاستعمال في التربة	تجعل المركبات غير متحركة	- التصلب Solidification
عاليه	غير شائعة الاستعمال في التربة		- الأستخلاص الكيميائي Chemical extraction
متوسطه	إمكانية نقل الملوثات	إزالة التربة من الموقع	- إزالة التربة Excavation

#### - الغسيل Leaching

وفي هذه الطريقة يتم غسيل التربة بالماء وغالبا ما يستخدم أيضا Surfactants (مادة نشطة سطحيا تتكون من مناطق محبة للماء وأخرى كارهة للماء وتعمل على تخفيض التوتر السطحي) لإزالة الملوثات . ويتم تجميع الماء بعد الغسيل باستخدام نظام تجميع ثم التخلص منه . واستخدم هذه الطريقة محدودة للغاية لأنه يتطلب استخدام كميات كبيرة من الماء لإزالة الملوثات بالإضافة إلى أن التخلص من الماء وما يحتويه من ملوثات يكون مكلفا للغاية .

وكفاءة عملية الغسيل تعتمد على نفاذية ومسامية وقوام التربة والتركيب المعدني للتربة ودرجه تجانس التربة . حيث أن كل هذه العوامل تؤثر على درجه تحرر وانطلاق (release) desorption للملوثات من التربة ومعدل غسيل الملوثات خلال التربة .

#### - العزل Isolation / Containment

وفي هذه الطريقة يتم عزل الملوثات في مكانها ومنعها من الانتشار وذلك باستخدام عازل طبيعي physical barrier مثل الطين وذلك لتقليل الهجرة الأفقية . وحديثا فإن العلماء يدرسون استخدام Surfactants مع الطين وذلك لزيادة امتصاص الملوثات العضوية على سطوح هذه المواد وبالتالي تقليل من حركه الملوثات mobility of pollutants .

#### الطرق المستخدمة بعيدا عن موقع التلوث Non- in Situ Methods

وفي هذه الطرق يتم إزالة التربة الملوثة ومعالجتها في نفس المكان أو نقلها الى مكان آخر ثم معالجتها . ويعيب هذه الطرق احتمالات نقل التلوث الى مناطق أخرى خلال عمليات النقل والمعالجة .

#### - معالجة الأرض Land Treatment

وفى هذه التقنية يتم إزالة التربة ونشرها على مساحة من الأرض حتى يمكن للعمليات الطبيعية مثل التحلل البيولوجي والتحلل الضوئي أن تأخذ مجراها للتخلص من الملوثات . وفى هذه الطريقة يتم ضبط درجة حموضة التربة إلى  $pH = 7$

لتخفيض حركة العناصر الثقيلة ولزيادة نشاط وفعالية ميكروبات التربة كما يتم أيضا إضافة المغذيات لتنشيط الميكروبات وبعد ذلك تخلط التربة الملوثة مع تربة أخرى وذلك لزيادة التلامس بين الملوثات والميكروبات وخلق ظروف هوائية .

#### - المعالجة الحرارية Thermal Treatment

وفى هذه الطريقة يتم تعريض التربة لدرجة حرارة عالية باستخدام فرن حراري. وتعمل درجة الحرارة العالية على تكسير الملوثات وتتطاير غازات ويتم تجميع الغازات وحرقها أو استخلاصها بواسطة مذيبيات .

#### - استخدام الإسفلت Asphalt Incorporation

وفى هذه الطريقة يتم أضافه الإسفلت الساخن إلى التربة وخلطها واستخدام المخلوط فى رصف الطرق . وهذه الطريقة تعمل على إزالة بعض الملوثات من التربة بالتطاير والجزء الباقي يصبح غر متحرك لخلطه بالإسفلت .

**- التصلب Solidification / Stabilization**

وفى هذه التقنية يتم إضافة بعض المواد إلى التربة المزله وذلك لتغطيتها بمادة صلبة أى أن التربة تتحول إلى ما يشبه الكبسولة encapsulated . وبعد ذلك يستخدم المخلوط فى Landfill . وبذلك تصبح الملوثات غير قادرة على الحركة ويعيب هذه الطريقة أن الملوثات لم يتم التخلص منها . وغالبا ما تستخدم هذه الطريقة لتقليل التلوث بالملوثات غير العضوية .

**- الإستخلاص الكيمى Chemical Extraction**

وفى هذه التقنية يتم خلط التربة المزله بمذيب أو Surfactant أو مخلوط منهما . وذلك لفصل الملوثات واستخلاصها من التربة . وبعد ذلك يتم غسل التربة للتخلص من المذيب وما يحمله من ملوثات ثم يتم ترشيح المذيب بعد ذلك ومعاملته لإزالة الملوثات وهذه التقنية عالية التكاليف وندرا ما تستخدم .

**- إزالة التربة Excavation**

وفى هذه الطريقة يتم نقل التربة الملوثة إلى مكان آخر وغالبا ما يكون Landfills التى تحتوى على حواجز طبيعية تمنع حركة الملوثات . وعملية إزالة ونقل التربة تكلفتها عالية بالإضافة إلى أن نقل التربة إلى مكان آخر قد يؤدي إلى تلوث الماء الأرضى .

## مراجع البحث العلمي

- 1- Bowen, H.J.M. (1979). Environmental Chemistry of the Elements. Academic Press, London.
- 2- Brady, N.C. (1990). The Nature and Properties of Soils. Macmillan Publishing Company, New York.
- 3- Dragun, J. (1988). The Soil chemistry of Hazardous Materials. Hazardous Materials Control Res. Inst. Silver. Spring M.D.
- 4- McConnell J.S. and L.R. Hosner (1985). pH Dependent Adsorption Isotherm of Glyphosate. J. Agr. Food Chem. 33: 1075 - 1078.
- 5- Murphy, L.S. *et al.*, (1972). Effects of Solid Beef Feedlot Wastes on Soil Conditions and Plant Growth. In "Waste Management Research Proceedings". Cornell Agric Waste Management Conference, Ithaca NY.
- 6- Sparks, D.L. (1993). Soil Decontamination. In "Handbook of Hazardous Materials" M. Corn (ed.) pp. 671-680. Academic Press, San Diego, CA.
- 7- Yong, R.N.; A.M. Mohamed and B.P. Warkentin (1992). "Principle of Contaminant Transport in Soils" Div. Geotech. Eng., 73: Elsevier, Amsterdam.